

Die Installations-Anlagen am Arlberg-Tunnel.

Nach dem am 5. März 1880 in der Plenar-Versammlung des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines gehaltenen Vortrage von

G. Plate, k. k. Inspector der Direction für Staats-Eisenbahnbauten.
(Mit Zeichnungen auf Blatt 7.)

Seit der im Ingenieur- und Architekten-Vereine stattgehabten grossen Debatte über die obere und die untere Trace des Arlberg-Tunnels ist mehr als ein Jahr verflossen, ein Jahr reich an Arbeit und reich an Aufregung aller Art für Alle, denen vergönnt ist, an der Ausführung dieses ersten grossen Alpen-Tunnels Oesterreichs mitzuwirken.

Jene Debatten fielen in die Zeit, als die Regierung dem hohen Reichstage den Gesetzentwurf betreffs Ausführung der Arlbergbahn zur Genehmigung unterbreitet hatte. Die Annahme des Gesetzentwurfes erfolgte am 13. März durch das Abgeordnetenhaus, am 3. Mai durch das Herrenhaus und erlangte derselbe durch die Allerhöchste Sanction vom 7. Mai 1880 Gesetzeskraft.

Entsprechend der Regierungsvorlage ward die Ausführung des unteren langen Tunnels und zwar doppelspurig beschlossen.

Beginn der Arbeiten.

Am 15. Mai erhielt die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten den Auftrag zur Durchführung des Gesetzes.

Es begann somit die Thätigkeit genannter Direction an diesem Tage mit der Organisation des Dienstes für die Verfassung des Detailprojectes auf der ganzen Arlbergbahn.

Da für den Tunnel selbst bereits Achse und Nivellette definitiv im Vorprojecte bestimmt waren, konnten sofort die Einleitungen zum Beginne des Tunnelbaues getroffen werden. Der Tunnel erhält eine Länge von circa 10.270^m; das Steigungsverhältniss beträgt auf der Ostseite 20/100, auf der Westseite 15/100, der Scheitelpunkt fällt in eine Entfernung von 4205^m vom Ostportale und beträgt die Cote der Schwellenoberkante an diesem Punkte 1310.6^m über dem Adriatischen Meere.

Periode des Handbetriebes. Auf der Ostseite begann der Stollenvortrieb am 24., auf der Westseite am 25. Juni.

Nachdem beschlossen war, den Haupt- oder Richtstollen in der Sohle des Tunnels zu treiben und denselben den für die Ausweitungsarbeiten erforderlichen Firststollen rasch folgen zu lassen, wurden beide Stollen gleichzeitig begonnen. Diese Arbeiten wurden mittelst jederzeit kündbaren Verträgen an Bau-Unternehmer vergeben, denen die Beistellung aller Requisiten und Verbrauchsbetriebes oblag. Es war dies die Periode des reinen Handbetriebes und dauerte solche auf der Ostseite bis zum 17., auf der Westseite bis zum 13. November 1880, bis wohin folgende Fortschritte erzielt wurden:

Fortschritt. Ostseite. Sohlenstollen 208.5^m; durchschnittlicher Fortschritt per 24 Stunden 1.43^m; Firststollen 190^m, durchschnittlicher Fortschritt per 24 Stunden 1.30^m.

Westseite. Sohlenstollen 226^m, durchschnittlicher Fortschritt per 24 Stunden 1.61^m; Firststollen 168^m, durchschnittlicher Fortschritt per 24 Stunden 1.2^m.

Der etwas grössere Fortschritt im Sohlenstollen der Westseite resultirt aus der Unterstützung durch einen 30^m langen Hilfsstollen, durch den zeitweilig drei Arbeitsstellen geschaffen wurden; auf der Ostseite war die Anlage eines Hilfsstollens nicht möglich.

Gebirgsformation. Das Gebirge war beiderseits Glimmerschiefer mit wechselndem Quarzgehalte, auf der Ostseite im Durchschnitte etwas fester, mehr Quarz enthaltend und weniger Wasser führend als auf der Westseite, wo hin und wieder Klüftungen vorkamen, sowie auch Wassersäcke geöffnet wurden, welche sich aber stets in kurzer Zeit entleerten und später nur noch im geringen Maasse nässten. Es brauchten daher die Stollen mit geringer Ausnahme nicht sofort ausgebaut zu werden, was wesentlich zum grösseren Fortschritte beitrug.

Stollenquerschnitte. Der Querschnitt des Sohlenstollens, 2.5^m Höhe und 2.75^m Breite, gestattete das gleichzeitige Arbeiten von 3 zweimännigen, jene des Firststollens mit 2.3^m Höhe auf 2^m Breite jedoch nur von 2 zweimännigen Mineurpartien; und dürfte der erstere Querschnitt unter sonst gleichen Verhältnissen derjenige sein, mit dem der grösste Fortschritt bei Handarbeit erreichbar ist. Die gleiche Erfahrung wurde, wie aus einer Notiz der schweizerischen Ingenieur-Zeitung „Eisenbahn“ hervorgeht, beim Stollenvortrieb des Leggisstein-Tunnels gemacht, indem bei einem Stollenquerschnitt von 9^m, welcher mit sechs Mann besetzt werden konnte, ein grösserer Fortschritt erreicht wurde, als in früherer Zeit, wo der Stollenquerschnitt nur 6^m betrug und nur eine Besetzung durch vier Mann zulässig.

Einleitungen für den maschinellen Betrieb.

Die Thätigkeit der Direction für Staats-Eisenbahnbauten musste sich sofort mit dem ausgesprochenen Bauauftrage auf die Beschaffung der Installations-Einrichtungen lenken, um je eher, je lieber mit der mechanischen Bohrung beginnen zu können.

In Consequenz der ausgesprochenen Absicht, die Tunnelarbeiten nach Verfassung des Vergabungs-Elaborates und Sammlung aller zu diesem Behufe nothwendigen Daten im Wege der öffentlichen Concurrenz auszuschreiben, sowie die Installations-Anlagen, auf Rechnung der k. k. Staatsverwaltung, jedoch im Einverständnisse und durch den Ersterer der Tunnelarbeiten herstellen zu lassen, wurden die in der ersten Bauperiode seitens der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten beschafften Anlagen auf den Bedarf für das erste

Baujahr beschränkt. Es ist daher nicht möglich, bereits jetzt ein vollständiges Bild der Installations-Anlagen des Tunnels, wie solche für den vollen Betrieb in einem späteren Stadium erforderlich sein werden, zu geben, da mittlerweile gemachte Erfahrungen es als Möglichkeit erscheinen lassen, in manchen der noch nicht beschafften Anlagen Abweichungen von dem ersten Programme eintreten zu lassen.

Neben der Beschreibung der bereits ausgeführten Installationen wird jedoch der Completirung der Anlagen gedacht werden, insoweit diesbezüglich mit der Bau-Unternehmung, welche seit Anfang Jänner d. J. ihre Thätigkeit aufgenommen hat, principielle Abmachungen getroffen wurden.

Arbeitsplan. Dem Vergebungs-Elaborate des Tunnels, das zur Zeit der öffentlichen Concurrenz-Ausschreibung Jedermann zugänglich war, waren Beilagen angeheftet, welche „Arbeitsplan für den maschinellen Tunnelbetrieb mit Berücksichtigung der bereits beschafften Installations-Anlagen“ betitelt waren.

Bei Beschaffung der ersten Installationen, welche in diesem Arbeitsplane kurz beschrieben waren, wurde von dem Grundsatz ausgegangen, dass dieselben nicht später als gänzlich unbrauchbare Provisorien, sondern soweit irgend thunlich, als Glieder der zukünftigen grossen Installationen zu betrachten seien, weshalb auch für diese sofort der Betrieb durch hydraulische Motoren vorgesehen wurde. Sowohl diese ersten Installationen als deren Completirung sind und bleiben Eigenthum der k. k. Staatsverwaltung. Es erfolgt jedoch die Beschaffung der Ergänzungs-Anlagen durch die Unternehmung, damit dieser so viel Einfluss auf diesen wichtigen Theil der Tunnel-Arbeiten verbleibe, als ihr zur Einhaltung der übernommenen Verpflichtung bezüglich der Termine etc. naturgemäss überlassen werden muss. Alle Dispositionen werden demgemäss seitens der Unternehmung im steten vollen Einvernehmen mit den Staatsbehörden getroffen und erfolgen die zutreffenden Vertrags-Abschlüsse nur mit deren Zustimmung.

Wahl des Bohrsystems. Die erste Frage, welche sich die Direction für Staats-Eisenbahnbauten vorlegen musste, als sie zur Verfassung des Programmes über die maschinelle Bohrung und den ersten Anschaffungen schritt, war die Wahl des Bohrsystems, eine Frage, welche den Installateuren am Gotthard-Tunnel keine Sorge machte, denn damals gab es nur ein Bohrsystem, das mittelst comprimierter Luft und Percussions-Bohrmaschinen. Dieses System war bisher bei allen grösseren Tunnelbauten, wenn auch in einigen Variationen, besonders in Betreff der Construction der eigentlichen Bohrmaschinen, angewendet und ist vorzüglich beim Gotthard-Tunnel damit ein Erfolg erzielt worden, welcher die zur Zeit der Durchbohrung des Mont-Cenis-Tunnels erreichten Leistungen weit überschritt. Es ist bekannt, dass der Bau-Unternehmung des Gotthard-Tunnels, zur Zeit als sie den Bau übernahm, nur die Resultate der Maschinenbohrung am Mont-Cenis vorlagen, und dass dieselbe bei Annahme des, im Vergleich zu vorliegenden Erfahrungen, kurz bemessenen Vollendungs-Termines des Gotthard-Tunnels auf eine weitgehende Vervollkommnung der Maschinen während der Bauzeit rechnete, um den eingegangenen kurzen Vollendungs-Termin einhalten zu können.

Eine Unterstützung fand die Unternehmung in der Vervollkommnung der Sprengmittel, indem gerade damals das Dynamit anfang, das bisher ausschliesslich zu Sprengzwecken bei Tunnelbauten verwendete Schwarzpulver zu verdrängen.

Was den Stollendurchschlag anlangt, so hat sich die Unternehmung Favre auch nicht verrechnet; es sind nur der Vollaussbruch und die Maurer-Arbeiten, aus deren Zurückbleiben die Verzögerung in der Vollendung des Gotthard-Tunnels entspringt.

Während wir in der ersten Zeit der maschinellen Bohrung am Gotthard-Tunnel einem monatlichen Fortschritt von 50—60^m im Stollen gegenüberstehen, wird nach anderthalbjähriger Arbeit durchschnittlich im Monat 90—100^m aufgefahren; und dieser durchschnittliche Fortschritt wurde, allerdings mit Variationen von 50% auf und ab, welche sich theils durch die verschiedene Gesteins Härte, theils durch den Mangel an Betriebswasser in den Winterperioden erklären, bis zu Ende beibehalten.

Nach vielfachen Versuchen mit verschiedenen Bohrmaschinen in den ersten Jahren, hatte sich die Unternehmung Favre zur ausschliesslichen Anwendung der von ihren eigenen Maschinen-Ingenieuren Ferroux und Seguin verbesserten und nach diesen benannten Bohrmaschinen ungefähr zu jener Zeit entschieden, als der monatliche Fortschritt mit 90—100^m anfang, im Durchschnitt bleibend zu werden und wurden seitdem die Bohrmaschinen nicht mehr gewechselt. Wohl aber war es das andauernde Bestreben der genannten Maschinen-Ingenieure, auf die Detailverbesserung ihrer Maschinen bedacht zu sein und sehen wir das Resultat dieser Bestrebungen dadurch ausgedrückt, dass die anfänglich sehr hohe Reparatziffer mit der Zeit ganz enorm gesunken ist. Aus dieser Betrachtung über die am Gotthard-Tunnel erzielten Resultate zog die Direction für Staats-Eisenbahnbauten den Schluss, dass für den Arlberg-Tunnel, welcher voraussichtlich ein ganz ähnliches Gestein ausweisen wird, wie der Gotthard-Tunnel, mit gleichem Bohrsystem auch ein gleicher Durchschnitts-Fortschritt, wie dort in den letzten Jahren, erreicht werden könne, ohne dabei sanguinisch auf einen den Fortschritt begünstigende Vervollkommnung der Maschinen, der Sprengmittel oder auf Verbesserungen in der schnellen Förderung des gesprengten Gesteins zu rechnen.

Drehbohrsystem. Falls die Entscheidung über den Bau der Arlbergbahn ein Jahr früher erflossen wäre, hätte sich die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten wahrscheinlich ohne grosses Besinnen dazu entschlossen, die maschinelle Bohrung am Arlberg-Tunnel beiderseits nach denselben Principien wie am Gotthard-Tunnel, nämlich auf den Betrieb mittelst comprimierter Luft, zu basiren; ja die Entscheidung über die Anwendung des zweiten Bohrsystems, mittelst Wasserdruck und Drehbohrer, nach seinem Erfinder das Brandt'sche genannt, wäre wohl noch sehr zweifelhaft gewesen, wenn es Herrn Brandt nicht einige Monate früher gelungen wäre, einen entscheidenden Erfolg aufzuweisen, welcher freilich noch lange nicht den seines Concurrenten erreichte, aber doch zu den besten Hoffnungen berechtigte.

Seitdem das Brandt'sche Bohrsystem im Frühjahr 1877 seine erste ernstliche Probe am Sonnstein-Tunnel

abgelegt und daselbst einen achtungswerthen Erfolg errungen hatte, worüber Herr Professor von Grimbürg seiner Zeit im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein einen interessanten Vortrag hielt, waren auch versuchsweise derlei Maschinen in westphälischen und sächsischen Bergwerken in Verwendung gewesen, ohne dass das erzielte Resultat in intensiver Weise zur Nachahmung aufforderte.

Herr Brandt war unausgesetzt bemüht, Erfahrungen zu sammeln und fort und fort seine Maschinen zu verbessern, um solche concurrenzfähig und damit lebensfähig zu machen. Die Lebensfähigkeit ist aber nur dann vorhanden, wenn bei Tunnelbauten ein grösserer Fortschritt erreicht wird als mit anderen Systemen; während die Anwendung der Maschinenbohrung in Bergwerken in den meisten Fällen weniger von der Raschheit der Arbeit als von einer Verbilligung derselben und der Installations-Anlage abhängig ist.

Beim Stollenvortrieb eines grossen Tunnels mit kurz bemessener Bauzeit spielt der Fortschritt die entscheidende Rolle, daher die Direction bei der Wahl des Systems in erster Linie ihr Augenmerk auf die fortschrittliche Tendenz des Bohrsystems richten musste.

Installation am Pfaffensprung-Tunnel. Sonderbarer Weise war es gerade wieder der Pfaffensprung-Tunnel, bei Wasen an der Gotthardbahn, an welchem bereits im Jahre 1876 und 1877 Herr Brandt die ersten Versuche mit seinen Bohrmaschinen gemacht hatte, der berufen war, nunmehr die neugestaltete und gekräftigte Bohrmaschine, wie sie nach vielfachen Versuchen und Proben Brandt's aus dem Atelier der Gebr. Sulzer in Winterthur hervorgegangen, Geltung zu verschaffen. Die Bauunternehmung am Pfaffensprung-Tunnel hatte gleich jener an den Kehrtunnels bei Dazio und Faïdo an der Südseite der Gotthardbahn eine verhältnissmässig kleine und billige Luftinstallationsanlage mit Befestigung der Bohrmaschinen auf hydraulischen Bohrsäulen (ähnlich wie die bekannten hydraulischen Winden) erstellt, fand aber ihre Erwartungen nicht befriedigt, da der Pfaffensprung-Tunnel ein besonders hartes Gestein aufwies, während bei den andern vorerwähnten Tunneln der verlangte Fortschritt mit dem gleichen Bohrsystem erzielt wurde. In Folge dessen sah sich die Unternehmung genöthigt, das System zu wechseln und hatte anfänglich die Absicht, auf die Bohrmaschinen des grossen Gotthard-Tunnels zu greifen; als sich Herr Brandt, unter Garantie einer durchschnittlichen Leistung von 2^m pr. 24 Stunden zur Herstellung der Installation nach seinem System erbot. Bei Nichterreichung des garantirten Fortschrittes hätte Brandt die ganze Anlage ohne jede Entschädigung zurücknehmen müssen.

In aller kürzester Zeit gelang es Herrn Brandt, den Nachweis zu liefern, dass mit seinem Systeme der verlangte Fortschritt, trotz des ungemein festen Gesteins, erreicht werden könne, und übernahm die Unternehmung die Installation auf eigene Rechnung. Die Unternehmung am Pfaffensprung-Tunnel hatte und hat noch jetzt kein Interesse daran, die Leistung der Brandt'schen Maschine in besonderer, immerhin Geldopfer erfordernden Weise, auf mehr als 2^m täglich zu forciren, da bei dieser Leistung der Termin für den Durchschlag des Stollens sicher eingehalten werden kann. Es muss deshalb die Leistung am Pfaffensprung-Tunnel

durchaus nicht als der mögliche Maximalfortschritt angesehen werden; vielmehr zog die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten mit Beruhigung und mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der dortigen Arbeit den Schluss, dass mit der Brandt'schen Maschine in ihrer neuen Construction bei gleichzeitiger Anwendung mehrerer Maschinen und Vervollkommnung der Schutterungsanlagen ein gleicher Fortschritt erreicht werden könne, wie mit dem Percussions-Systeme.

Bei diesem voraussichtlich annähernd gleichen Werthe beider Systeme entschied sich die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten zur Anwendung beider. Da die Wasserkraft-Verhältnisse auf der Westseite des Arlberg-Tunnels entschieden ungünstiger sind als auf der Ostseite, so ward für die Westseite das Drehbohr-System, für die Ostseite das Percussionsbohr-System gewählt, weil vorliegende Erfahrungen darauf hinwiesen, dass der Kraftbedarf für das erstere System ein weit geringerer ist als für das zweite.

Concurrenz beider Bohr-Systeme. Es ist damit ein Concurrenzstreit zwischen zwei Bohr-Systemen geschaffen, von denen dem einen die Vergangenheit und der bisher grösste Erfolg zukommt; während das andere System, wenn vielleicht auch heute noch nicht ganz gereift, unzweifelhaft berufen ist, in der Bohrtechnik eine grosse Rolle zu spielen, wenn nicht sogar beim Tunnelbaue den Concurrenten im Laufe der Zeit gänzlich aus dem Felde zu schlagen.

Es muss als ein Zeichen der freien und grossen Auffassung der maassgebenden Persönlichkeiten des k. k. Handelsministeriums bezeichnet werden, dass die bezüglichen Vorschläge ihrer technischen Behörde genehmigt wurden, und dass somit beim Baue des Arlberg-Tunnels Gelegenheit gegeben ist, Wissenschaft und Kenntniss der Bohrtechnik durch die Parallelarbeit zweier Concurrenz-Systeme in so eminenter Weise zu fördern, wie kaum noch dagewesen. Das möglicherweise gebrachte pecuniäre Opfer wird bei künftigen Tunnelbauten vielfältige Zinsen tragen.

Leider sind, worüber noch später des Weiteren erwähnt werden wird, die bisherigen ungünstigen Gebirgsverhältnisse an der Westseite des Arlberg-Tunnels, nicht derart, um wie erhofft wurde, den Concurrenzstreit in wenigen Monaten zur Entscheidung zu bringen, darnach die weiteren Installations-Beschaffungen zu bemessen und eventuell von einem System auf das andere überzugehen. Die Tunnelbau-Unternehmung ist in voller Thätigkeit und die Completirung der Installationen dringt; es bleibt somit jetzt Nichts übrig: als ohne das Ende des Wettkampfes abzuwarten, die Vervollständigung der Installationen im Sinne der ersten Anlagen vorzunehmen, das heisst auf der Ostseite weiter mit Percussions-Maschinen, auf der Westseite weiter mit Drehbohr-Maschinen zu arbeiten, womit die Bauunternehmung vollkommen einverstanden ist.

Sollte nach Erreichung des festen Gesteins auf der Westseite eine Vergleichung der Leistungsfähigkeit und des ökonomischen Effectes beider Systeme eclatant zu Gunsten des einen oder des anderen Systems sprechen, so ist ja auch dann ein Systemwechsel nicht ausgeschlossen, wird aber grössere pecuniäre Opfer erfordern, als es jetzt der Fall wäre.

Es dürfte interessiren, dass der Wettkampf zwischen Luft und Wasser auch bei einem anderen Tunnelbau binnen wenigen Monaten beginnen wird. Die königl. preussische Eisenbahn-Direction in Magdeburg, von dem gleichen Bestreben wie die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten geleitet, hat beschlossen, den 3 bis 4^{km} langen Brandleite-Tunnel auf der Strecke Erfurt-Grimmenthal-Rischershausen in ausserordentlich festen Hornstein-Porphyr von einer Seite mit Percussions-Maschinen, von der andern Seite mittelst Drehbohr-Maschinen zu betreiben. Die ersten 500^m Stollenvortrieb sind, dem Vernehmen nach, an die Installateure in Accord vergeben u. zw. hat sich der Installateur für den Luftbetrieb anheischig gemacht, im ersten Monat 30, im zweiten 40 und vom dritten Monat an 50^m per Monat zu leisten; hingegen hat der Installateur für den Wasserbetrieb, Herr Brandt, die Verpflichtung übernommen, bereits vom ersten Tage an durchschnittlich 2^m per Tag, somit 60^m per Monat aufzufahren. Die dortigen Erfahrungen werden gleich denen am Arlberg von entscheidendem Einflusse für alle künftigen Tunnel-Installationen sein.

Grundsätze der Ventilation des Tunnels.

Eine zweite wichtige Frage, welche zur Zeit der Tunnel-Vergebung wenn auch nur zur principiellen Entscheidung drängte, war die Ventilationsfrage. Auch hier sei gestattet, auf die Verhältnisse am Gotthard-Tunnel zurückzugreifen, welcher ja überhaupt zu Vergleichen fast ganz allein geeignet ist.

Verhältnisse am Gotthard-Tunnel. Am Gotthard-Tunnel fand die Verbesserung der, durch den Athmungsprocess so vieler Arbeiter, sowie durch die Verbrennungs-Producte des Dynamits verschlechterten Atmosphäre im Tunnel, ausschliesslich mittelst Einführung stark comprimierter Luft durch die, eigentlich für den Betrieb der Bohrmaschinen angelegte Rohrleitung statt. Aus dieser Leitung wurde unterwegs an allen Arbeitsstellen, wo sich die Nothwendigkeit einer Luftverbesserung herausstellte, Luft mittelst Abzweigungen entnommen. Es soll nicht selten vorgekommen sein, dass sich die Arbeiter, ohne viel zu fragen, dadurch bessere Luft an den Arbeitsstellen verschafften, dass Löcher in die schmiedeiserne Rohrleitung geschlagen wurden, in welcher Möglichkeit ein besonderer Vorzug der schmiedeiserne Leitung gegenüber der anfänglich in Verwendung gewesenen gusseisernen Rohre gesehen wurde. Es ist klar, dass, in Folge der vielfältigen und unregelmässigen Entnahme von Luft aus der Leitung, der anfänglich erzeugte Druck von 6—7 Atmos. in derselben abnehmen musste. Damit erklärt sich die in den Veröffentlichungen über den Gotthard-Tunnel angeführte Thatsache, dass der mittlere Druck vor Ort häufig bis auf drei, ja selbst unter zwei Atmosphären gesunken ist; zumal der Sections-Ingenieur der Bauunternehmung in Göschenen, Herr Stockalper, durch Beobachtungen nachgewiesen hat, dass die Reibungsverluste in der Leitung minder bedeutend sind als bisher angenommen wurde. Es bringt somit das System, Arbeits- und Ventilationsluft in derselben Leitung zu vereinen, Unzukömmlichkeiten mit sich, deren schwerwiegender Einfluss auf den Arbeitsfortschritt nicht ver-

kannt werden kann. Wenn die Bohrmaschinen in festem, krystallinischem Gebirge rationell und kräftig arbeiten sollen, so muss ihnen Luft von wenigstens 5 Atmosphären Spannung zugeführt werden; für die Ventilationsluft ist hingegen eine hohe Spannung überflüssig und involvirt deren Comprimirung grosse Arbeitsverluste.

In wie weit die Angabe, dass comprimirt und wieder expandirende Luft dem Athmungsprocesse weniger zuträglich, ja wie von mancher Seite behauptet wird, schädlich sei, muss wissenschaftlichen Untersuchungen überlassen bleiben; dürfte aber vielleicht darin eine theilweise Erklärung finden, dass beim Ausströmen derselben der Umgebung Wärme und Feuchtigkeit in hohem Grade entzogen wird.

Am Gotthard-Tunnel wurde, wegen mangelnder Kraft zur Erzeugung genügender Menge comprimierter Luft, die Ventilation insbesondere in jedem Winter in einer Weise mangelhaft, dass es kein Wunder nimmt, wenn die Arbeiter zur Erklärung ihrer abnehmenden Leistungsfähigkeit und der Erschlaffung aller Organe, zu der wundersamen Erfindung einer „Tunnelwurm“ benannten besonderen Krankheit kamen. Es sei dahingestellt, wie sich die medizinische Wissenschaft mit dem „Tunnelwurm“ abfindet; Thatsache ist es, dass am Gotthard-Tunnel die Ventilation jeder Zeit und besonders im Winter viel zu wünschen übrig gelassen hat, und dass es sowohl vom Standpunkte der Humanität, als vom Standpunkte des pecuniären Interesses des Unternehmers geboten erscheint, auf Verbesserungen in der Ventilation zu sinnen, selbst wenn hiedurch einige scheinbare Verzögerungen im Arbeitsfortschritte entstehen sollten. Die bei reichlicher Luftzufuhr erhöhte Leistungsfähigkeit der Arbeiter wird ohne Zweifel alle Mehrkosten der Installationen und Erschwernisse bei der Arbeit in erhöhtem Maasse aufwiegen.

Ventilation am Arlberg-Tunnel. Aus dem Vorhergesagten sind die Schlussfolgerungen über die Principien der Ventilation, wie solche auch im Arbeitsplan des Vergabungs-Elaborates für den Arlberg-Tunnel ausgesprochen wurden, unschwer zu ziehen, nämlich: Trennung der zu Ventilationszwecken schwach gepressten Luft von der stark comprimierten Arbeitsluft, und Führung eines zweiten Rohrstranges in den Tunnel mit grösseren Dimensionen als bisher üblich. Auf diese Weise kann den Bohrmaschinen vor Ort stets die volle Kraft, in so ferne solche nicht durch die Widerstände in der Leitung geschwächt wird, zugeführt werden. Da sich die mechanische Arbeit für die Luftförderung im ungefähren Verhältniss der vierten Potenzen des Rohrdurchmessers vermindert, wird sich auch der Kraftbedarf, gleiche Luftmengen vorausgesetzt, mit der Erweiterung der Rohrleitung verringern.

Nachdem das Brandt'sche Bohrsystem für die eine Tunnelseite angenommen wurde, ergab sich für diese Seite die Nothwendigkeit der Einbauung einer zweiten Röhrentour für Ventilationszwecke wohl von selbst; aber auch hier kann, genügende Kraft vorausgesetzt, die Ventilation entweder durch stark comprimirt Luft in einer engeren oder durch schwach comprimirt Luft in einer weiteren Rohrleitung gedacht werden. Es musste aber um so mehr

die Wahl auf die letztere fallen, als die constanten Wasserkräfte auf der Westseite des Arlberg-Tunnels weit geringer sind als auf der Ostseite, und auch eine für geringere Compression ausreichende motorische Wasserkraft nur mit sehr hohen Kosten gewonnen werden kann.

Die Ventilationsfrage wird somit für beide Bohrsysteme nach demselben Principe gelöst werden; um so leichter werden sich die Kosten der eigentlichen Bohr-Installation, sowie die Betriebskosten beider Systeme in Vergleich ziehen lassen und der Wettkampf ein lehrreicher werden.

Es wird beabsichtigt, den Ventilationsrohrstrang in seiner Hauptdimension bis etwa 100 bis 150^m vor Ort in den Stollen vorzuführen und von demselben dünnern Rohre in alle Aufbrüche und sonstige Arbeitsstellen abzuzweigen. In der Voraussetzung, dass sich die gesammten Arbeitsplätze stets auf eine Länge von 600^m concentriren, wie dies schon im Vertragsoperate angenommen, werden die Schwierigkeiten der Legung und Erhaltung des grossen Rohrstranges nicht in Vergleich mit jenen Schwierigkeiten zu ziehen sein, welche sich bei Anwendung des gleichen Systems im Gotthard-Tunnel ergeben hätten, wo der Betrieb mittelst Firststollen und die Verzettlung der Arbeit auf 3^{km} Länge und mehr, sowie der Wechsel im Fördersysteme solches fast zur Unmöglichkeit gemacht haben würde. Immerhin ist die Aus Sprengung eines Grabens an der Ulme, in welchem das Rohr theilweise zu versenken sein wird, sowie ein besonderer Schutz des Rohres gegen Beschädigungen durch gesprengte Felsstücke nicht zu umgehen.

Luftquantitäten für die Ventilation. Nach den Veröffentlichungen über den Gotthard-Tunnel betrug die Quantität der auf jeder Tunnelseite eingeführten Luft auf Atmosphärendruck reducirt, selten mehr als 100^{kbm} per Minute, sank aber wegen häufiger Reparatur der Compressoren und wegen Mangel an genügender Kraft manchmal auf die Hälfte, ja im Winter fast regelmässig bis auf ein Drittel. Für die Ventilation des Arlberg-Tunnels schreibt der Vertrag vor, dass auf jeder Seite im Minimum 150^{kbm} per Minute eingeführt werden sollen, eine Quantität, welche nach Bedarf auch noch zu erhöhen sein wird.

Luftreinigung durch Wassereinspritzen. Wie aus dem Vortrage des Herrn Professors v. Grimborg erinnerlich sein dürfte, wird bei den Brandt'schen Bohrsystem eine überraschend günstige Wirkung in Bezug auf die Ventilation dadurch erreicht, dass im Momente der Zündung die Wasserleitung geöffnet wird und das unter hohem Druck aus feinen Oeffnungen ausspritzende und zerstäubende Wasser die Verbrennungsproducte des Dynamits niederschlägt. Gleichzeitig wird eine kühlende Wirkung ausgeübt und kann der Stollenort fünf Minuten nach dem Abfeuern wieder betreten werden. Um diese ausserordentliche, rein mechanische, Wirkung des Wassers auszunützen, besteht die Absicht, die Einspritzung auch in den Arbeitsstellen des Firststollens und des Vollaushruches vorzunehmen.

Auch für die andere Tunnelseite wird die Einleitung einer Wasserleitung in den Stollen beabsichtigt, und steht hiefür der Druck der Kraftwasserleitung mit 13 Atmos. zur Verfügung. Zwar wird das Einspritzen keine so intensive

Wirkung haben wie auf der Westseite, wo Wasser unter einem Drucke von 80—100 Atmos. ausspritzt, doch wird schon das Benetzen der Schuttermassen verhindern, dass die Schutterer beim Aufrühren der Schutterhaufen durch Einathmen der dadurch frei werdenden Gase, ohnmächtig werden, wie jetzt einige Male vorgekommen. Gleichzeitig erhalten die Arbeiter auf diese Weise Trinkwasser von guter Qualität und sind nicht genöthigt, das im Stollen zu Tage tretende, mehr oder weniger verunreinigte, Wasser zu geniessen. Auch dieser Vortheil entging den Arbeitern am Gotthard-Tunnel. Sollte die erwartete Wirkung bei dem geringen Druck nicht erreicht werden, so liegt kein principiell Hinderniss vor, in gleicher Weise wie bei dem Brandt'schen Systeme zu einer Einspritzung mit hohem Druck durch Aufstellung einer Hochdruckpumpe zu greifen.

Aussaugen der schlechten Luft. Im Gotthard-Tunnel wurde der Versuch gemacht, die Ventilation durch Aussaugen der schlechten Luft mittelst Glocken-Aspiratoren zu unterstützen. Da aber das betreffende Rohr von 1.2^m Diameter, welches am First des zur Zeit der Herstellung schon einige Kilometer langen Tunnels aufgehängt war, kaum 100^m weit hinein geführt war, so ist es offenbar, dass auf diese Weise keine Wirkung auf die rückwärtig angesammelten schlechten Luftmassen, sondern nur auf den ganz vorderen ohnehin gut ventilirten Tunneltheil hervorgebracht werden konnte. Es ist nicht bekannt, was die Unternehmung abhielt, das Rohr weiter zu führen, wodurch wahrscheinlich die beabsichtigte Wirkung hätte erreicht werden können.

Am Arlberg-Tunnel wurde eine ungemein günstige Wirkung des Firststollens auf die natürliche Ventilation des Sohlenstollens beobachtet, indem der Rauch aus den Sohlenstollen durch die Schuttlöcher in den Firststollen und von dort zu Tage tritt. Es müsste daher, neben der Einblasung von frischer Luft in die rückwärtigen Arbeitsstellen, ein Aussaugen der Luft aus dem fertigen vorderen Tunneltheil mittelst eines, tief in denselben hineinreichenden, weiten Schlauches von entschieden günstigem Einflusse sein; indem auf diese Weise gleichsam ein künstlicher Firststollen in den fertigen Tunnel erstellt wird. Ob und in wie weit zur Unterstützung der Luftcirculation etwa die Aufstellung eines grossen Schraubenventilators vor dem Aspirationsschlauch nothwendig sein wird, ob etwa die Abscheidung der hinteren Arbeitsstellen von dem vorderen fertigen Tunneltheile durch Diaphragmen oder die Anbringung von verschliessbaren Klappen oder Rauchfängen in dem Schlauche von Vortheil sein wird, darüber lassen sich nur Vermuthungen aussprechen. Diesbezügliche Versuche werden sich aber ohne grosse Kosten leicht durchführen lassen und können erst angestellt werden, wenn ein grösserer Tunneltheil vollendet ist.

Es liegt sowohl in der Absicht der Direction für Staats-Eisenbahnbauten, als in jener der Bauunternehmung, die Ventilation des Tunnels in jeder Weise zu fördern, wodurch dann gleichzeitig Erfahrungen für die Ventilation des fertigen Tunnels beim Betrieb gesammelt werden.

Sollte es möglich sein, die Ventilation so kräftig wirken zu lassen, dass die Förderung des Materials im ganzen fertigen Tunneltheil ungehindert durch Dampflocomotive

stattfinden könnte, so würden hiedurch indirect grosse Vortheile erzielt werden. Denn alle abnormalen Fördermethoden, sei es durch Luftlocomotiven, durch feuerlose Dampflocomotiven, durch Seilbahnen oder auf elektrischem Wege sind kostspielig in der Anlage, schwierig im Betriebe und führen bei ihrer Anwendung im Tunnel zu vielfachen Complicationen, welche zu vermeiden das erste Bestreben sein muss.

Kraftbeschaffungs-Anlagen.

Wenn für den maschinellen Bohrbetrieb und die Ventilation eines langen Tunnels keine Wasserkraft zu Gebote steht, so steigern sich die Betriebskosten in ganz enormer Weise durch den grossen Aufwand an Brennmaterial, welches in den meisten Fällen auf sehr bedeutende Entfernungen per Achse zuzuführen sein wird.

Nehmen wir beispielsweise den Kraftaufwand für jede Seite am Arlberg-Tunnel durchschnittlich nur mit 600 Pferdekraften an und legen eine 4jährige Bauzeit zu Grunde, so berechnet sich der Kohlenverbrauch jederseits auf etwa 60.000 Tonnen, deren Kosten beiderseits mit der Fracht, etwa 3,500.000 fl. erreichen würden.

Es ist also die Ausnützung vorhandener Wasserkraften, selbst wenn deren Nutzbarmachung bedeutende Kosten verursachen sollte, ein Gebot der Nothwendigkeit.

Verhältnisse am Gotthard-Tunnel. Um wieder den Gotthard-Tunnel in Vergleich zu ziehen, sind die dortigen Wasserkraftanlagen auf jeder Tunnelseite für eine Inanspruchnahme von 15—1800 Brutto-Pferdekraften berechnet. Ausser den Werkstättenanlagen werden hiedurch nur die Compressoren betrieben, welche die Bohr- und Ventilationsluft mit 6—7 Atmos. Druck in den Tunnel fördern und ausserdem etwa 20—25% dieser Luft zum Zwecke der Benützung in den Luftlocomotiven auf 12 Atmos. übercomprimiren.

Von obiger Wasserkraft werden, nach dem Quantum der in den Tunnel eingeführten Luft zu urtheilen, selten mehr als $\frac{2}{3}$ benutzt worden sein. Es stünden somit die Wasserbeschaffungsanlagen im reichlichen Verhältnisse zu der vorhandenen Maschinenanlage für die Erzeugung der comprimierten Luft, wenn nicht regelmässig im Winter eine derartige Abnahme der Wasserquantitäten stattfinden würde, dass dadurch der Stillstand eines grossen Theiles der Compressoren bedingt wird; die vorhandene Kraft sinkt alsdann auf 400 Pferdekraften und darunter.

Unter gleichen Verhältnissen würde der Kraftbedarf am Arlberg-Tunnel im Vergleich zu jenen am Gotthard-Tunnel durch die beabsichtigte Trennung der schwachgepressten Ventilationsluft von der hochgespannten Bohrluft wesentlich vermindert werden; wird aber anderseits durch die beabsichtigte Einführung grösserer Luftquantitäten für die Ventilation und starken Druckes der Arbeitsluft in den Bohrmaschinen vermehrt.

Es wurde daher bei Projectirung der Wasserbeschaffungsanlagen am Arlberg-Tunnel von dem Grundsatz ausgegangen, in dieser Beziehung von Beginn an lieber zu viel als zu wenig zu thun, zumal eine Verminderung des Wassers unter das im vorigen Winter constatirte Minimalquan-

tum, auf welchem die Berechnungen basiren, nicht ausgeschlossen erscheint.

Ostseite. Der Installationsplatz an der Ostseite des Arlberg-Tunnels liegt schmal und lang gestreckt zwischen der Rosana und der steil ansteigenden Berglehne, beiderseits des Tunnelmundes. Der Tunnel hat auf dieser Seite gar keinen Voreinschnitt.

Die Rosana, an deren Lehnen sich die Bahn bis Landeck hinzieht, hat viele Zuflüsse aus dem Hochgebirge und von Gletschern, und ist die einzige zu Gebote stehende Wasserkraft. Das in Rechnung kommende obere Niederschlagsgebiet derselben beträgt 90—100 qkm.

Gerinne von der oberen Rosana. In der kalten Jahreszeit sinkt die Ergiebigkeit der Rosana sehr bedeutend, so dass sich zur Gewinnung genügender Kraft die Abfassung in sehr grosser Höhe über dem Tunnel ergab. Es fand sich zu diesem Zwecke ein durch die Natur gegebener Platz beim Beginn einer 8—10m breiten Thalenge mit steilen Felswänden, in der Höhe von 140m über dem Tunnelportale, etwa 4.5km bachaufwärts. Während die rechte Berglehne sehr steil, zerrissen und voller Felsstürze und Lawinengänge ist, verflacht sich die linke Lehne weit mehr und hat nur eine steil vorspringende Felspartie am Stiegeneckbach. Die Wahl über die Trace des Gerinnes war daher leicht zu entscheiden. Dasselbe erhält eine Länge von 4.25km, einen Querschnitt von 0.8 qm und ein Gefälle von 2‰, so dass bei 1.25m Wassergeschwindigkeit, welche sich aus diesem Verhältnisse berechnet, die Ergiebigkeit mit 1000 l. pr. Secunde angenommen werden kann.

Einige tiefer einschneidende Wasserrinnen werden mittelst 8—10m hohen Gerüsten übersetzt, an der erwähnten Felspartie sind 3 Stollen im festen Fels mit zusammen 70m Länge erforderlich, im übrigen die Unterbauarbeiten, welche nahezu vollendet sind, nicht sehr bedeutend. Mittelst kleiner Schussgerinne werden unterwegs vier Zuflüsse der Rosana in das Hauptgerinne aufgenommen, und zwar der Arlbach, der Stiegeneckbach, der Bagenthalbach und der Jungbrunntobel. Durch die Einleitung dieser kleinen Zuflüsse soll ausser der Vermehrung der Wasserquantität, insbesondere auch im Winter eine Erwärmung der bis zu Null Grad sinkenden Temperatur des Rosanawassers erreicht werden, indem die Temperatur dieser kleinen Zuflüsse, welche nicht in Gletschern entspringen, in jeder Jahreszeit einige Grad über Null beträgt.

Das Hauptgerinne wird aus 5cm starken weichen Pfosten erstellt, und erhält in Entfernungen von 1.3m verzapfte und verkeilte Rahmen. Die Stossfugen der Pfosten werden mittelst Federn aus Bandeseisen gedichtet, die Langfugen mit getheerten Werg- und Hanfstricken kalfatert. Wegen Schneefall muss das Gerinne ganz mit Brettern gedeckt werden.

Von dem, in Holz erbauten, Wehr der Rosana führt das Gerinne zuerst in ein ebenfalls aus Holz erbautes Absatzbassin, zur Ablagerung von bei Hochwasser mitgeführtem Geschiebe und endet in einem gemauerten Sammelbassin nahezu in der Trace des Tunnels, von wo eine Rohrleitung in der Länge von circa 520m in ziemlich gerader Richtung, die Arlbergstrasse unterfahrend, zum Installations-

platz führt. Diese Rohrleitung erhält 0.9^m Diameter und wird aus weichen Bessemerblech hergestellt. Die Baulänge der geraden Rohre beträgt 5^m, jene der Krümmer 1.7^m; die Dicke der Bleche nach unten zunehmend 7—9 und 11^{mm}. Alle Rohre werden doppelt genietet. Die Geschwindigkeit des Wassers in dieser Rohrleitung wird bei 1000 l. pr. Sec. circa 1.6^m betragen. Das Maximalwasser von 1000 l. pr. Sec. ergibt bei einem Nutzgefälle von circa 132^m eine Leistung von rund 1700 Pferdekraften brutto; es ist jedoch im Winter wegen Verminderung des Wasserzuflusses auf nicht viel mehr als die Hälfte zu zählen.

Gerinne von der untern Rosana. Bei Beginn der Arbeiten war vorauszusehen, dass das grosse Gerinne, welches über 16.000^m geschnittener Pfosten erfordert, nicht im Laufe der verflossenen Bauperiode hätte vollendet werden können, zumal nach Angabe der früheren Besitzer das Wassernutzungsrecht an einen Dritten übergegangen sein sollte, wodurch Complicationen mancherlei Art entstanden. Es musste daher Vorsorge getroffen werden, dass eine für die erste Bauperiode genügende Wasserkraft in schneller Weise beschafft werde, wollte man nicht die Zuflucht zur Dampfkraft nehmen.

Hiezu war in der Nähe des Tunnels der Steissbach, linker Zufluss, neben dem Tunnelportale geeignet, dessen Benützung aber die Einlösung einer Mühle und einer Säge erfordert hätte. Ferner kam der Moosbach, 1^{km} oberhalb des Tunnels in die Rosana mündend, in Betracht. Nähere Untersuchungen ergaben aber so bedeutende Bauschwierigkeiten, da das Gerinne über und durch einen colossalen alten Felssturz zu führen gewesen wäre, dass dieses Project um so mehr aufgegeben werden musste, als durch die Schlucht des Moosbaches zahlreiche Lawinen abgehen, welche die Möglichkeit der Erhaltung einer Wasserfassung und Leitung sehr in Frage gestellt haben würden.

Es blieb somit nur noch die Ableitung der Rosana in einem tieferen Punkte übrig, obgleich nach Erstellung des grossen Gerinnes dieser Leitung bei kleinem Wasserstand fast aller Zufluss, mit Ausnahme des vom Moosbach kommenden, entzogen wird. Diese kleinere Anlage ist seit November vorigen Jahres fertig und betreibt die gegenwärtige Bohrinstitution. Sie besteht in der Errichtung eines Wehres in der Rosana gleich unterhalb der Einmündung des Moosbaches und Führung eines Gerinnes von circa 1000^m Länge an der Lehne mit einer circa 100^m langen, 12^m hohen Schluchtübersetzung. Eine kurze Rohrleitung übersetzt den Installationsplatz auf Gerüsten und führt zum Compressoren-Gebäude. Gerinne und Rohrleitung haben dieselben Dimensionen wie die früher beschriebene grosse Leitung erhält; das nutzbare Gefälle beträgt 17.5^m. Bei 1000 l. pr. Sec. ist die Leistung 225 Pferdekraften brutto, dieselbe reducirte sich im letzten Winter, wie auch vermuthet, auf etwa 150 Pferdekraften.

Eisbildungen und Lawinen. Um Betriebsstörungen zu vermeiden, ist es unerlässlich, dass in der Winterperiode sowohl beim Einlauf in den Absatzkasten als beim Ueberlauf beständig ein paar Leute beschäftigt sind, um Eisbildungen zu verhindern. Trotzdem ist es schon vorgekommen, dass sich an den Wandungen des Gerinnes Eis

ansetzte und das Gerinne verengte; bei Umschlag der Witterung ging dann ein förmlicher Eisstoss durch den Ueberlaufcanal ab. Auch durch Lawinengänge in den oberen Schluchten entstanden wiederholt Betriebsstörungen, indem der Wasserzulauf vollständig unterbrochen wurde, bis die Lawine ganz mit Wasser gesättigt war.

Die provisorische Anlage wird nach Fertigstellung der langen Wasserleitung erhalten bleiben, um erforderlichen Falls als Reserve zu dienen. Auch soll die noch zu erbauende Werkstätte ihr Betriebswasser von derselben erhalten.

Westseite. Weniger einfach wie auf der Ostseite des Arlberg-Tunnels lag die Entscheidung über die Wasserkraftbeschaffung auf der Westseite. Wie drüben die Rosana, so ist auf dieser Seite die Alfenz, in deren Thalboden das Mundloch des Tunnels fällt, mit ihren Zuläufen die einzige vorhandene Wasserkraft. Das Niederschlagsgebiet der Alfenz oberhalb des Tunnels beträgt etwa 40^{km}, ist also kaum halb so gross wie jenes der Rosana. Weder sie selbst, noch einer ihrer Zuläufe findet den Ursprung in Gletschern, was wohl die Ursache ist, dass die Temperatur des Alfenzwassers noch nicht unter 4^o Wärme beobachtet wurde. Es ergaben die im vorigen Winter stattgehabten Wassermessungen zur Evidenz, dass auf eine annähernd genügende Wasserkraft aus den Wasserläufen oberhalb des Tunnels allein nicht gerechnet werden könne, sondern dass, um eine solche zu sammeln, auch noch das Gefälle der Alfenz abwärts sowie die unterhalb des Tunnels einmündenden Zuflüsse herbeizuziehen seien.

Hieraus ergaben sich naturgemäss zwei Sammelpunkte für die Wasserkraft u. z. die erste unmittelbar am Tunnelportale mit einem Brutto-Gefälle vom 180^m. Eine zweite Anlage wurde 2 1/2^{km} abwärts bei Klösterle mit 120^m Gefälle in Aussicht genommen.

Rohrleitung von der oberen Alfenz. Für die erstere Anlage waren zwei Wehranlagen, einerseits in der Alfenz, anderseits in dem beim Orte Stuben einmündenden Zürsbach erforderlich.

Die im vorigen Winter zur Zeit der Schneeschmelze, unmittelbar nach Abgang der zahlreichen Lawinen, zwischen Stuben und Tunnelmund gemachten Studien über die Führung eines Wassergerinnes in der Höhe der Wehranlagen, zeigten dass nicht nur ganz erhebliche Bauschwierigkeiten wegen der vielfachen Felsstürze und tief eingerissenen Rinnsalen zu überwinden gewesen wären, sondern dass auch ein solches Gerinne beständigen Gefahren wegen der zahlreichen Lawinengänge ausgesetzt sei, welche die Erhaltung nahezu zur Unmöglichkeit gemacht hätten. Es ist dies dieselbe Berglehne, in welcher sich die offene Strecke der Arlbergbahn entwickelt hätte, falls der sogenannte obere kurze Tunnel mit circa 7000^m Länge zur Ausführung gekommen wäre. Die rechte Berglehne im Kalkgebirge war aber wegen der vielen Bergstürze und Murgänge von Vorhinein als ganz ungeeignet für die Führung eines Gerinnes erkannt worden.

Es musste daher die Wahl auf eine geschlossene Rohrleitung in der ganzen Länge vom Wehr bis zum Motor fallen, deren Trace ungemein einfach dadurch wurde, dass die in der Thalsohle von Stuben bis zum Tunnel ohne jede

Gegensteigung hinziehende Reichsstrasse mit wenig Ausnahmen zum Transport der Rohre bis zur Baustelle, sowie zur provisorischen Ablagerung benützt werden konnte; und liegt die Leitung mit wechselndem aber ununterbrochenem Gefälle zum Theil unmittelbar am Strassenrande. Die Erdarbeiten waren sehr gering, da die Leitung offen liegt; bei continuirlichem Durchlauf des Wassers ist ein Einfrieren nicht zu befürchten.

Die Rohrleitung beginnt bei den zwei erwähnten Wehren vor dem Orte Stuben und haben beide Rohrstränge einen lichten Durchmesser von 0.35^m ; bei deren baldigst eintretenden Vereinigung erweitert sich der Durchmesser auf 0.45^m , welcher bis zum Maschinengebäude am Installationsplatze beibehalten ist. Die Rohre haben Flantschen von Winkeleisen, eine Baulänge von 6^m und sind aus Eisenblech, die oberen mit einfacher, die unteren mit doppelter Nietung hergestellt; die Blechdicke der 0.45^m weiten Rohre beträgt oben 6, dann allmähig zunehmend 7, 8 und 9^{mm} ; jene der 0.35^m weiten Rohre 5^{mm} . Die Krümmungen sind durch ebenfalls aus Blech genietete kürzere, nach den Radien von 10 und 20^m hergestellte Rohre vermittelt; kleinere Abweichungen von der geraden Richtung sind durch Zwischenlage von conischen Ringen zwischen je zwei Flantschen bewerkstelligt. Da es fast unmöglich ist, im Vorhinein jedes Detail über vorkommende Abweichungen von der geraden Linie, sei es in horizontalem oder im verticalen Sinne, bei einer so grossen Wasserleitung zu bestimmen, wie es doch die Verwendung von Flantschenröhren verlangt, so bietet das Einlegen von conischen Ringen verschiedener Dimension ein leichtes Mittel, alle vorkommenden Differenzen auszugleichen; bei abwechselnder Anwendung von gekrümmten Röhren und conischen Ringen kann man sehr wohl gleichzeitig Krümmungen des Rohrstranges in horizontaler und verticaler Richtung hervorbringen. Die Dichtung der Flantschen geschah mittelst Kautschukringen von 3— 4^{mm} Stärke. Die Länge der ganzen Rohrleitung beträgt rund 3100^m .

Die im Winter 1879/80 gemessenen Minimalwasserquantitäten ergaben für diese Wasserschaffungs-Anlage, welche vom Beginne der Rohrleitung bis zum Eintritt in die Motoren ein Brutto-Gefälle von 180^m hat, circa 250 Brutto-Pferdekräfte. Die Leitung kann jedoch bei genügendem Wasser, auf welches während 8—9 Monate des Jahres sicher zu rechnen ist, das Doppelte leisten, und wird die Geschwindigkeit des Wassers in derselben dann 1.5^m betragen.

Mittelwehr. Es wurde anfänglich, in der Befürchtung die lange Rohrleitung nicht rechtzeitig vollenden zu können, nur deren unterer Theil in der Länge von etwa 800^m hergestellt und sollte nur das dadurch erhaltene Gefälle von 85^m , für welches auch die Motoren am Installationsplatze construirt wurden, ausgenützt werden, während die Herstellung des oberen Rohrstranges einer späteren Periode vorbehalten war. Als jedoch bei Anlage des zu diesem Zwecke erstellten Wehres, des sogenannten Mittelwehres, Zweifel über die Dichtigkeit desselben auftauchten, welche sich zum Theile als richtig erwiesen, ward auch der obere Rohrstrang in Angriff genommen und mit forcirter Arbeit Mitte November v. J. vollendet.

Vom Mittelwehr führt ein kurzer Rohrstrang unter der Strasse durch in die Hauptleitung; und dient der obere Strang vorläufig nur zum Zuleiten des Wassers von den oberen Wehren in die untere Leitung, ohne dass das hohe Gefälle ausgenützt wird.

An der Vereinigungsstelle der Rohrstränge sind Absperrschieber eingeschaltet, von diesen ist der zum Mittelwehr führende ganz, der nach Stuben führende aber nur einige Umdrehungen geöffnet, so dass hiedurch einerseits eine Entlastung des Rohrstranges bis zum Mittelwehr herbeigeführt wird, andererseits durch die Drosselung des Wassers mittelst des zweiten Ventiles der obere Rohrstrang stets voll gehalten wird. Es hatte sich, als bei eintretender Kälte der Wasserzulauf immer geringer wurde, die Nothwendigkeit der Aufstellung von Wächtern herausgestellt, welche je nach eintretendem Kraftbedarf die Ventile mehr oder weniger öffnen und durch elektrische Glockensignale und Telephon verständigt werden.

Das zum oberen Rohrstrang führende Ventil wird unter gleichzeitiger Abstellung der grossen Turbine, jedesmal geschlossen, wenn die Bohrung vorüber ist und sammelt sich alsdann dieser Strang wieder voll Wasser, welches für die nächste Bohrperiode als Reserve dient. Durch diese, allerdings durch die Noth eingegebene, Massregeln konnte der Bohrbetrieb, trotzdem der constante Wasserzulauf weit geringer war als nach den vorigjährigen Messungen angenommen werden konnte, mit 85^m Brutto-Gefälle aufrecht erhalten werden. Ueber die Projecte, welche zur Vermeidung dieser nicht zu leugnenden Missheiligkeiten, zum Zwecke der Vermehrung der Wasserkraft vorliegen, wird noch später die Rede sein.

Die Veranlassung, dass die obere Alfenz so wenig Wasser führt, liegt darin, dass der ganze Thalboden von Stuben bis zum Mittelwehr mit Bergschutt von der rechten Lehne, die der Kalkformation angehört, ausgefüllt ist. Bei geringem Wasserstand versickert der Bach vollständig in dem Gerölle und ist dann die Alfenz zwischen Stuben und dem Mittelwehr fast wasserlos.

Projectirte Kraftsammelanlage unterhalb des Tunnels. Die durch die beschriebene Wasserleitung gewonnene Kraft ist ausschliesslich für den Betrieb der Bohrmaschinen und der Werkstätten bestimmt, genügt aber nicht, sobald der Tunnel eine grössere Tiefe erreicht haben wird und grössere Anforderungen an die Ventilation herantreten. Es musste daher auf eine weitere Kraftgewinnung thalabwärts Bedacht genommen werden.

Das ursprüngliche, auch im Arbeitsplan des Tunnelvergebungs-Elaborates erwähnte Project bestand darin, dass das Abwasser der Motoren am oberen Installationsplatze durch eine neue Wehranlage gestaut und dann circa $2\frac{1}{2}^{km}$ thalabwärts bei Klösterle nutzbar gemacht werde.

Gleichzeitig war noch ein Gerinne vom Wellitobel, Zufluss der Alfenz von der rechten Lehne, und ein solches vom Nenzigastbach, linker Zufluss der Alfenz, projectirt und hätten sich bei Klösterle die Rohrleitungen beider Gerinne vereinigt. Diese Anlage hätte circa 4^{km} Gerinne und 700^m Rohrleitung erfordert und wären bei Niederwasser dadurch mit einem Brutto-Gefälle von 120^m etwa 400 Pferdekräfte gewonnen.

In welcher Weise dieses bisher noch nicht in Ausführung genommene Project Abänderung erfahren wird, soll ebenfalls später besprochen werden.

Gegenwärtige Percussions-Bohranlage auf der Ostseite.

Die gegenwärtig im Betrieb befindliche Percussions-Bohranlage in St. Anton, an der Ostseite des Arlberg-Tunnels, für welche die früher beschriebene provisorische Kraftbeschaffungsanlage mit 17.5^m Gefälle ausgenützt wird, besteht aus zwei Partial-Girard-Turbinen mit horizontalen Achsen und innerer Beaufschlagung. Das Zuflussrohr von 0.9^m Diameter gabelt sich vor dem Eintritt in das Maschinenhaus in zwei Stränge von je 0.65^m Diameter, deren jeder mit Absperrschieber versehen ist.

Der Durchmesser der Turbinen, welche 288 Schaufeln haben, mit Luftventilation versehen sind und aus einem Gussstück bestehen, sind von der Maschinenfabrik S. C. Bernard in Prag geliefert. Ihr Durchmesser beträgt aussen 3.6^m; ihre normale Geschwindigkeit 45 Touren per Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit von 8.5^m entspricht. Die Leitapparate haben 9 Oeffnungen, welche durch einen mittelst Handrad, Räderübersetzung und Schraube stellbaren Regulirschieber nach Bedarf geöffnet und geschlossen werden können.

Nasse Compressoren am Arlberg-Tunnel. Die Kraft wird direct von der Turbinenachse auf je 2 Compressoren übertragen, deren jeder durch Lösung der Leitstange abstellbar ist. Die Compressoren sind sogenannte nasse, doppeltwirkende, mit Plungerkolben und von der Prager Maschinenbau-Actien-Gesellschaft ausgeführt. Die Plungerkolben haben 400^{mm} Diameter, der Hub ist 0.65^m. Bei 45 Touren, das ist circa 1^m Kolbengeschwindigkeit, beträgt der Nutzeffect, wie Versuche ergeben haben, über 90% des Volumens und erzeugen alsdann alle 4 Compressoren mit Rücksicht auf den niedern Luftdruck in der Arlberghöhe circa 4^{cm} Luft von 5 Atmosphären Ueberdruck. Die Compression kann anstandslos bis auf 8 Atmosphären gesteigert werden.

Die senkrechten Arme der Compressoren sind conisch erweitert und beträgt der Querschnitt derselben im oberen Theile mehr als das Doppelte des Querschnittes des Kolbens. Die Kammer für die Druckventile befindet sich central über diesem Arm und ist von einem erweiterten ringförmigen Raum umgeben, welcher die Saugventile enthält. Die Oeffnungen sowohl der Saug- als der Druckventile messen circa 30% des Querschnittes des Plungerkolbens. Die Sitzflächen aller Ventile befinden sich in der horizontalen Wand des Ventilkastens und liegen Saug- und Druckventile nahezu in der gleichen Ebene.

Die Ventile bestehen aus weichen Gummiplatten, welche sich ohne verticale Bewegung um einen Centralstift aufbiegen und deren jede 6 runde Oeffnungen schliesst, die im Kreise um den Mittelpunkt des Ventils gruppiert sind.

Das Kühlwasser wird durch eine Rohrleitung aus dem Aufschlagwasser der Turbinen entnommen und fliesst beständig und gleichmässig in den oberen ringförmigen Raum auf die Saugventile.

Nach den in Pribram mit derlei Compressoren angestellten Beobachtungen beträgt die Quantität des erforder-

lichen Kühlwassers circa $\frac{1}{2}\%$ des angesaugten Luftvolumens und wird die Luft während der Compression nicht mehr als 25 bis 30° erwärmt.

Ein Theil des durch die Druckventile mitgerissenen Wassers setzt sich sofort hinter diesen in der erweiterten Luftleitung ab und wird von dort durch ein Rohr abgeleitet; ein anderer Theil wird jedoch mit in das Sammelreservoir gerissen, sammelt sich dort und muss von Zeit zu Zeit abgelassen werden.

Die an den Compressoren in St. Anton aufgenommenen Diagramme zeigen erst bei 50 Touren eine merkliche Zunahme des schädlichen Raumes und Verschlechterung in der Saugperiode.

An anderen Orten gemachte Erfahrungen mit diesen in ihrer Construction so einfachen Compressoren lassen erwarten, dass dieselben wenig Reparaturen unterworfen sein werden, ein Vorzug, welcher speciell bei ihrer Verwendung bei einer Tunnelbau-Installation sehr in's Gewicht fällt.

Herr k. k. Bergrath Novak in Pribram, der sich vielfach mit der Construction und Verbesserung von Compressoren befasst und sehr schätzenswerthe Erfahrungen in einem Aufsätze niedergelegt hat, welcher in der österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen (Jahrgang 1879) publicirt wurde, kommt zu dem gleichen Schlusse.

Compressoren am Gotthard-Tunnel. In der Literatur über den Gotthard-Tunnel wird der geringe Wirkungsgrad jener nassen Compressoren, welche daselbst für die erste provisorische Installation und zwar mit Dampftrieb aufgestellt wurden, hervorgehoben. Die Ursache des geringen Effectes dieser Compressoren lag besonders in deren geringen Geschwindigkeit, welche nur 12—16 Touren betrug, wogegen die nassen Compressoren neuerer Construction weit schneller laufen können, ohne dass ihr Effect merklich abnimmt. Neben der besseren Situirung und Vermehrung der Saug- und Druckventile trägt hiezu vor Allem die conische Erweiterung der senkrechten Arme bei, in Folge dessen der Weg der Wassersäule im Verhältniss des vergrösserten Querschnittes kleiner ausfällt.

Der schlechte Effect der am Gotthard-Tunnel verwendeten nassen Compressoren soll die Veranlassung zur späteren ausschliesslichen Anwendung trockener Compressoren mit Einspritzung gewesen sein, deren Construction von Herrn Prof. Collandon, technischen Consulanten der Unternehmung Favre, herrührt.

Die Einspritzung geschah anfänglich durch die hohle Kolbenstange und den hohlen Kolben und sollte das Wasser nicht nur zur Kühlung der Luft und des Cylinders, sondern auch zur Dichtung des Kolbens dienen; nachdem aber weder der eine noch der andere Zweck in erwarteter Weise erreicht wurde, fand eine Reconstruction dieser, vielfachen Reparaturen unterworfenen Compressoren statt und wurde das Einspritzwasser durch die Saugventile eingeführt.

In einer Publication des Herrn Prof. Dolezalek in der Zeitung des Ingenieur- und Architekten-Vereines in Hannover sind in Göschenen aufgenommene Diagramme veröffentlicht, welche im Vergleich mit den an den Arlberg-Compressoren aufgenommenen Diagrammen Schlüsse auf die geringe Wirksamkeit der Collandon'schen Com-

pressoren erlauben. Während die Ventilquerschnitte der ersten Collandon'schen Compressorenanlage nur 30% des Kolbenquerschnittes betragen, wurden solche bei der später aufgestellten neuen Anlage auf 8—9% vergrössert, auch die Druckventile anstatt wie früher unten, nunmehr an der oberen Hälfte des horizontalen Cylinders angebracht, wodurch sich der Effect zusehends besserte. Immerhin führte aber das Princip der Kühlung durch Einspritzen zu vielen Unzukömmlichkeiten. Die Beschaffung genügender Mengen filtrirten Wassers erfordert grosse und kostspielige Anlagen, wodurch etwaige Mehrkosten nasser Compressoren aufgewogen werden.

Mit der Einspritzung wird aber, wie die Gotthard-Compressoren zeigen, keineswegs eine genügende Kühlung der Luft erreicht.

Die Luft tritt mit sehr hoher Temperatur aus dem Compressioncylinder, ist mit Wasserdämpfen geschwängert und muss durch Trockenapparate geleitet werden, wo ihr zur Kühlung und Abstossung des Wassers künstliche Bewegungshindernisse entgegengesetzt werden; das Mitreissen des Wassers in das Luftreservoir und in die Leitung wird aber auch durch diese Apparate nicht vollständig verhindert.

Bei den nassen Compressoren, wie solche am Arlberg-Tunnel in Verwendung, sind derlei Zwischenapparate durchaus nicht nothwendig und wurde beobachtet, dass sich alles mechanisch mitgerissene Wasser schon im Vorrathsreservoir niederschlägt. Dennoch genügt die geringe Erwärmung der Luft auf etwa 25°, um derselben etwas Wasserdunst beizumengen, welcher sich bei anhaltender Kälte condensirt und Eisbildungen in der Leitung verursacht. Ende Jänner fand in Folge dessen eine 38stündige Betriebsstörung statt und ist seitdem die Luftleitung ausserhalb des Tunnels gegen den Einfluss der Kälte geschützt worden.

Trockene Compressoren. Neuester Zeit haben schnelllaufende, ganz trockene Compressoren nach der Construction von Sturgeon, welche nur eine äussere Mantelkühlung haben und deren Ventile sich mechanisch durch die Reibung der Stopfbüchsenverpackung öffnen, mehr Verbreitung gefunden. Für einen continuirlichen Betrieb, wie beim Tunnelbau, und bei hoher Luftspannung erscheint es aber doch nicht rathsam, eine Construction zu wählen, welche viel grösserer naturgemässer Abnutzung und damit Reparatur unterworfen sein muss als die nassen Compressoren; selbst wenn deren Beschaffung etwas billiger sein sollte. Es hat sich daher auch die Bauunternehmung am Arlberg-Tunnel dahin entschlossen, für die Ergänzungsanlage ganz gleich construirte, nasse Compressoren, wie die der ersten Anlage zu beschaffen, zumal deren Nutzeffect von keiner anderen Construction erreicht wird.

Luftreservoir. Von den vier Compressoren der gegenwärtigen Anlage in St. Anton wird die comprimirt Luft in ein Reservoir von 18^{km} Inhalt aus Bessemerblech geführt, welches mit Wasserstandszeiger, Wasserablasshahn, Manometer und Mannloch armirt ist. An dieses schliesst sich die Luftleitung, an, welche bis zum Tunnel aus gusseisernen, in demselben aus gezogenen schmiedeisernen Rohren mit aufgeschweissten Flantschen und eingedrehten Börteln besteht.

Der Durchmesser der Luftleitung beträgt 0.15^m, soll jedoch, da die Unternehmung beabsichtigt, neben dem Sohlenstollen und dem Firststollen, auch den Sohlencanal und vielleicht auch einen Theil der Ausbrüche maschinell zu betreiben, schon jetzt gegen eine solche von doppeltem Querschnitte ausgetauscht werden.

Zum Betriebe des Sohlenstollens mit sechs gleichzeitig arbeitenden Bohrmaschinen genügen zwei der vorhandenen Compressoren bei forcirtem Gange; es sind jedoch gewöhnlich alle vier im Betriebe, weil dadurch bei der Unregelmässigkeit der Luftentnahme ein gleichmässiger Gang der Turbinen erzielt wird. Auch dient vorläufig die überschüssige Luft zur Ventilation des Firststollens.

Die Luftleitung reicht bis nahe vor Ort des Stollens und schliesst mit einer Absperrung, von der ein Kautschukschlauch zu einem am Bohrwagen angebrachten Vertheilungskasten führt, der für jede Bohrmaschine einen separaten Einlasswechsel hat. Je nach erreichtem Fortschritt wird die Luftleitung ein- bis zweimal in der Woche um einige Rohre verlängert und muss an den Stellen, wo die Arbeiten für den Vollaussbrauch stattfinden, durch Schutt und Bretter gegen Beschädigung durch die gesprengten Steine geschützt werden.

Bohrwagen. Die Bohrwagen sind nach derselben Construction, wie sich solche am Gotthard-Tunnel herausgebildet hat, und von Körösy in Graz geliefert. Diese auf zwei Achsen lagernden, ganz aus Eisen construirten Bohrwagen wiegen gegen 3000^{kg} und übernehmen die Stösse und Schläge der vorne frei aufliegenden, rückwärts durch einen Bolzen mit demselben verbundenen Bohrmaschinen. Die Bohrmaschinen liegen seitlich in drei Etagen übereinander, drei rechts, drei links, und kann jede einzelne durch zwei senkrechte Schrauben im verticalen Sinne auf und nieder bewegt werden, während durch horizontale Schrauben auch eine Bewegung der Auflagarme in diesem Sinne erfolgen kann. Auf diese Weise kann die ganze Brust des Stollens von den sechs Maschinen bestrichen werden.

Wasserwagen. Unmittelbar auf den Bohrwagen folgt der Wasserwagen, derselbe besteht aus einem auf zwei Achsen ruhenden Kessel von 0.6^{km} Inhalt. Indem derselbe durch einen Schlauch mit der Luftleitung in Verbindung gesetzt wird, kann aus einem anderen unten angebrachten Schlauch das Wasser ausspritzen. In trockenem Gebirge werden auf diese Weise die Bohrlöcher durch Wassereinspritzung vom Bohrmehl gereinigt und dadurch das Bohren erleichtert. Die Füllung des Wasserwagens kann nur ausserhalb des Tunnels stattfinden und ist daher eine kostspielige und zeitraubende Manipulation. Wenn die früher besprochene Wasserleitung vollendet sein wird, so soll das Ausspritzen der Löcher direct von dieser aus erfolgen und können die Wasserwagen entbehrt werden.

Bohrmaschinen. Bei der Entscheidung über die zur Verwendung kommenden Bohrmaschinen fiel die Wahl auf dieselben Systeme wie solche sich am Gotthard-Tunnel ausgebildet hatten. Ob die Ferroux- oder Seguin-Maschinen vorzuziehen seien, darüber konnten keine bestimmten Daten erhalten werden; in Göschenen hörte man ausschliesslich die Ferroux-, in Airolo ausschliesslich die Seguin-Maschine

loben und mit beiden Systemen wurde nahezu derselbe Erfolg erzielt.

Noch eine dritte, bisher nur probeweise im Gotthard-Tunnel verwendete Bohrmaschine, von dem Maschinenmeister Welker daselbst construiert, gelangte in einigen Probe-exemplaren zur Anschaffung.

Jede Percussions-Bohrmaschine hat folgende vier Bewegungen zu machen:

1. Den Stoss des Bohrers gegen das Gestein;
2. Das Setzen des Bohrers, d. i. eine drehende Bewegung um seine Längsachse;
3. Der Vorschub der Maschine mit Zunahme der Bohrtiefe, und
4. der Rückwärtsgang, das ist die umgekehrte der vorigen Bewegung im beschleunigten Tempo.

Die zwei ersten Bewegungen erfolgen bei allen Bohrmaschinen automatisch; der Vorschub und der Rückwärtsgang ist jedoch bei manchen Systemen nicht automatisch, sondern geschieht mittelst eines durch die Hand zu bewegendenden Schraubenmechanismus, wie z. B. bei der Schramm'schen Maschine.

Die am Arlberg-Tunnel in Verwendung stehenden Maschinen haben sämmtlich automatischen Vorschub und Rückgang. Beim forcirten Tunnelbetrieb, wo gleichzeitig sechs Bohrmaschinen auf demselben Gestell in Thätigkeit sind, und wo der betäubende Lärm jede andere Verständigung als durch Zeichen unmöglich macht, andererseits die Communication zwischen dem rückwärtigen Theil der Bohrmaschine und dem Stollenort durch den Bohrwagen, die Bohrmaschinen, sowie durch die Bedienungsmannschaft vollständig gestört ist, scheinen Maschinen mit Handvorschub weniger zweckmässig zu sein und zu mehr Störungen zu führen, als solche mit selbstthätigem Vorschub. Das Urtheil aller am Gotthard-Tunnel befindlichen Maschinenmeister ist in dieser Hinsicht wenigstens das gleiche.

Der Schlag des Bohrers erfolgt bei der Ferroux-, bei der Seguin- und bei der Welker-Maschine in principiell gleicher Weise; indem der Schlag durch das wechselseitige Einstromen der comprimierten Luft vor und rückwärts des sich in einem Cylinder bewegendenden Kolbens erzielt wird. Die Steuermechanismen sind jedoch verschieden und unterscheiden sich besonders die Welker-Maschinen dadurch, dass die Steuerkolben direct durch comprimerte Luft bewegt werden, wodurch jedenfalls weniger Kraftverluste entstehen, als wenn der in heftigster Bewegung befindliche Arbeitskolben die Umsteuerung durch Aufschlagen an einen beweglichen Hebel oder Kolben hervorbringt, wie bei den beiden andern Systemen.

Das Setzen des Bohrers geschieht bei allen 3 Maschinen in gleicher Weise durch einen spiralförmigen Drill in der Kolbenstange, in welchen der Keil eines Sperr-Rades eingreift. Die Drehung erfolgt beim Rückgang des Bohrers.

Alle 3 Maschinen haben 2 parallele Führungsstangen, auf denen sie sich vorwärts bewegen können; rückwärts verbunden, dient dieses Verbindungsstück gleichzeitig zur Befestigung auf dem Bohrwagen, während die Führungsstangen vorne frei auf einer Gabel ruhen.

Diese Führungsstangen sind bei der Ferroux- und Seguin-Maschine oben und unten gezahnt und erfolgt der automatische Vorschub sprungweise durch Einfallen von Sperrklinken, wodurch starke Abnützung sowohl der Zähne als der einfallenden Arretirungshebel stattfindet.

Welker hat hingegen sein Lineale ohne Zähne gemacht und wird die Maschine durch den Luftdruck auf einen kleinen Kolben und mittelst Hebelwerk von grosser Uebersetzung an die Lineale angeklemt. Während des Schlages wird diese Klemmung für einen Moment aufgehoben, so dass ein allmähiges ruhiges Weiterklettern der Maschine erfolgt.

Der Rückwärtsgang ist ebenfalls bei allen 3 Maschinen selbstthätig. Ferroux hat rückwärts am Arbeitscylinder einen zweiten feststehenden Cylinder, in welchem sich ein mit dem Arbeitscylinder verbundener Kolben bewegt. Durch Schliessung der Luftzuströmung auf den Arbeitskolben und Einlassung von Luft auf diesen Rückschubkolben wird die Maschine zurückgezogen.

Bei der Seguin-Maschine erfolgt der Rückgang nur durch Lösung der in die Zahnstange eingreifenden Traverse, wodurch die Maschine nach rückwärts nicht mehr festgehalten wird. Die Luft treibt dann durch ihren einseitig wirkenden Druck im Arbeitscylinder die Maschine zurück.

Ebenso erfolgt bei der Welker-Maschine der Rückgang durch Lösung der Klemmung auf den Linealen, indem Luft unter den haltenden Kolben geleitet wird.

In allerneuester Zeit hat Ferroux den selbstthätigen Rückschub fortgelassen und lässt die Maschine nach Lösung der Sperrung in der Zahnstange mit der Hand zurückschieben. Diese Aenderung ist das Resultat der Erfahrung am Gotthard, wonach alle selbstthätigen Rückgangmechanismen zu versagen anfangen, wenn, wie unvermeidlich, die Maschine im Stollen verstaubt und in Folge vieler Schmierung mit einem starren Oelteig inkrustirt wird.

Der Durchmesser des Arbeitskolbens beträgt bei den Ferroux- und Welker-Maschinen 105^{mm}; bei den Seguinmaschinen 100^{mm}; der Weg, welchen der Arbeitskolben und somit der Bohrer bei jedem Schlag zurücklegt 100—120^{mm}; der gesammte Vorschub der Maschine, somit die Lochtiefe, welche ohne Wechsel des Bohrers gemacht werden könnte, falls dieser nicht wegen Stumpfwerden gewechselt werden muss, 0.5—0.6^m.

Am Gotthard-Tunnel fand nicht nur die Reparatur sondern auch die Erzeugung neuer Bohrmaschinen ausschliesslich in der eigenen Hilfswerkstätte statt, und war erst der Bau des Arlberg-Tunnels Veranlassung, dass die Patentinhaber, deren Namen die Bohrmaschinen tragen, die Erzeugung aus der Hand gaben. Die Ferroux-Maschinen am Arlberg sind von Körösi in Graz hergestellt, die Seguin- und Welker-Maschinen in Schweizer Fabriken.

Von den Probe-Exemplaren waren die Ferroux-Maschine am besten ausgeführt, was dem inländischen Fabrikanten um so mehr zu Ehre gereicht, als diese Maschinen seine ersten derartigen Erzeugnisse waren. Damit hat die Ferroux-Maschine augenblicklich einen Vorsprung vor den anderen erreicht, welcher vielleicht entscheidend für deren künftige

Verwendung sein wird, da ein Wechsel im Maschinensystem ohne genügenden Grund immerhin misslich ist.

Ferroux, welcher vermöge seiner Stellung als Maschinen-Ingenieur am Mont-Cenis wie seit 8 Jahren am Gotthard-Tunnel, gewiss die grösst denkbaren Erfahrungen in Percussions-Bohrmaschinen hat, ist übrigens unablässig bemüht, seine Maschinen zu vervollkommen. Die nahen Beziehungen, in welche sich die Unternehmung des Arlberg-Tunnels mit demselben gesetzt hat, lassen erwarten, dass seine Erfahrungen daselbst praktisch zur Verwerthung gelangen werden.

Von den drei erwähnten Bohrmaschinsystemen scheint die Welkermaschine manche Vorzüge zu besitzen, die auf eine geringere Reparaturbedürftigkeit gegenüber den anderen Maschinen hinweist; doch liegen noch keinerlei Erfahrungen darüber vor.

Bohrer. Der zum Maschinenbohren verwendete Stahl ist von der Neuberg-Mariazeller Gewerkschaft geliefert und hat sich vorzüglich bewährt. Es ist ein raffinirter ausgeschmiedeter Bessemerstahl und gehört derselbe keineswegs zu den theuersten Stahlsorten, vielmehr hat sich für Gesteinsbohrer feiner Gussstahl nicht entsprechend gezeigt.

Die vorne meisselartigen Bohrer sind von verschiedener Länge von 1.0^m bis 2.5^m, die Breite der Schneide ist von 50 bis zu 30^{mm} abnehmend, so dass die Löcher etwas conisch werden.

Ventilation. Eine besondere Ventilation findet augenblicklich auf der Ostseite noch nicht statt, dieselbe geschieht nur durch die von den Bohrmaschinen verbrauchte Luft und sind auch von der Bohrleitung dünne Zweigleitungen in die Aufbrüche des Firststollens geführt.

Gebäude. Zu dieser gegenwärtigen maschinellen Anlage gehört das Maschinenhaus sammt angebauter provisorischer Werkstätte von zusammen 260^{qm} Fläche. Letztere enthält 3 Drehbänke, eine Shapingmaschine, eine Bohrmaschine, 2 Schmiedfeuer, Schleifstein und Werkbänke und wird von den Compressoren-Turbinen durch Riemenscheiben angetrieben.

An sonstigen Gebäulichkeiten, welche zum ungestörten Beginne der maschinellen Bohrung erforderlich waren, wurde im Laufe der vorigen Bausaison in St. Anton erstellt: Eine Bohrschmiede und eine Wagnerei von zusammen 357^{qm} Grundfläche, Magazine für Cement, Kohle und sonstige Materialien von zusammen 623^{qm} Grundfläche, eine Locomotivremise von 60^{qm} Grundfläche, zwei Gebäude, welche als Ankleide- und Wärmeräume für Personale und Arbeiter und als Portierwohnung dienen und Badeeinrichtungen enthalten, zusammen mit 102^{qm} Grundfläche, eine Probirstation für die aus der Reparatur kommenden Bohrmaschinen, sowie ein Observatorium in der Verlängerung der Tunnelachse; ferner 4 stockhohe Arbeiterhäuser für 16 Familien und 196 ledige Arbeiter, zusammen 807^{qm} Grundfläche, 1 stockhohes Beamtenwohnhaus für die staatlichen Aufsichtsorgane von 257^{qm} Grundfläche, 1 stockhohes Spital von 328^{qm} Grundfläche mit 30 Betten; endlich baute sich der damalige provisorische Unternehmer Herr Ceconi auf eigenes Risiko ein grosses stockhohes Gebäude zu seinem Gebrauche.

Bestehende Installationsanlage auf der Westseite.

Brandt'sches Bohr-System. Das Brandt'sche Bohr-System unterscheidet sich bekanntlich von den bisher beschriebenen Percussions-Bohrsystem darin, dass erstens die Uebertragung der motorischen Kraft auf das Werkzeug nicht wie bei jenem durch, auf einige Atmosphären comprimirt Luft, sondern durch, bis zu 100 und mehr Atmosphären gespanntes Wasser erfolgt; sowie zweitens, dass das Werkzeug (der Bohrer) nicht schlagend oder stossend, in Nachahmung der menschlichen Thätigkeit beim Handbohren, wirkt, sondern mit der hohen Pressung des Wassers in das Gestein hineingedrückt wird, und, indem es durch kleine, von der Hochdruck-Wasserleitung getriebene, Wassersäul-Maschinen in eine langsam rotirende Bewegung gesetzt wird, das Gestein abbricht und zerbröckelt.

Die Form des Bohrers ist ein hohler Cylinder mit Zähnen, welch' letztere dieses Abbrechen verursachen. Die Herstellung des Bohrloches erfolgt in der Weise, dass das Gestein nur in der Dicke der Bohrerwandung zermalmt wird; hingegen der mittlere Theil als Bohrkern von der Höhlung des Bohrers und des ebenfalls hohlen Gestänges aufgenommen wird. Dieser Bohrkern erscheint je nach der Festigkeit und dem Gefüge des Gesteines entweder unregelmässig zerbröckelt, oder bildet linsenförmige und bei weichem Gestein cylinderförmige Stücke von mehreren Centimeter Länge. Das Material des Bohrers muss ein ganz vorzügliches, gleichzeitig hartes und zähes sein.

Befestigung der Maschine. Die Maschine selbst kann nicht, wie die stossend wirkende Percussions-Maschine, auf einem, allen Erschütterungen ausgesetzten, Wagen ruhen, sondern muss deren Befestigung eine absolut stabile und unbewegliche sein; dies wird erreicht, indem eine in sich verschiebbare Spannsäule durch den hydraulischen Druck des gespannten Wassers gegen die Wände des Stollens gedrückt wird.

Der schon erwähnte Vortrag des Herrn Professor v. Grimbürg*) enthält in Verbindung mit der Veröffentlichung des Herrn Professor Riedler**) eine vollständige Beschreibung der Bohranlage am Sonnenstein-Tunnel, welche als bekannt vorausgesetzt wird, und soll daher die Anlage am Arlberg-Tunnel nur kurz beschrieben und deren Abweichungen von jener hervorgehoben werden.

Gleich der Installation am Sonnenstein-Tunnel ging auch jene am Arlberg-Tunnel aus der Fabrik der Gebrüder Sulzer in Winterthur hervor, welche Fabrik eines ausgezeichneten Rufes wegen ihrer rationellen Constructionen und tadellosen Ausführungen geniesst.

Die Erzeugung und Transmission des hochgespannten Wassers unterscheidet sich im Princip nicht von jener der ersten Anlage im Sonnenstein-Tunnel, wenn auch die im Laufe der dazwischen liegenden vier Jahre gemachten Erfahrungen nicht wirkungslos bei der Ausbildung der Details vorübergingen.

*) Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1878, Heft I und II.

**) Brandt's hydraulische Gesteins-Bohrmaschine von A. Riedler, Lehmann und Wentzel in Wien 1877.

Motor der Anlage. Als motorische Kraft dient auf der Westseite des Arlberg-Tunnels das Wasser von der schon beschriebenen grossen Rohrleitung, vorläufig jedoch nur mit Ausnützung des Bruttogefälles von 85^m vom sogenannten Mittelwehr.

Der Motor ist, wie auf der Westseite, eine Girard-Turbine mit horizontaler Achse und innerer Beaufschlagung. Die Turbine hat einen äusseren Durchmesser von 2·5^m und Schaufeln aus Stahlblech. Ihre normale Geschwindigkeit beträgt 160 Touren per Minute, was einer Umfangsgeschwindigkeit von 21^m per Secunde entspricht. Bei 180 Liter Aufschlagwasser und 80^m Nutzgefälle garantierte die Fabrik einen Effect von 150 Pferdekraften, d. i. 78% der sich aus dem Nutzgefälle und dem Aufschlagwasser ergebenden Bruttokraft.

Pumpen. Von der Turbinenwelle werden durch zwei Paar Räder, deren Durchmesser sich wie 3:8 verhalten, und von denen die grösseren Holzzähne haben, zwei Vorgelegewellen in Rotation gesetzt; jedes dieser Vorgelege treibt durch zwei um 90° versetzte Kurbeln 2 Hochdruckpumpen, die symmetrisch zur Turbinenanlage^{situirt} sind. Die Hochdruckpumpen sind nach dem Kirchweger'schen System mit Differentialplunger-Kolben construirt, einfach saugend, aber beim Hin- wie beim Hergang drückend. Die durchgehende Kolbenstange hat 48 und 68^{mm} Diameter; der Hub beträgt 0·66^m; die normale Geschwindigkeit ist 60 Touren per Minute und liefert jede Pumpe per Secunde 2 Liter Wasser.

Die Ventile haben sehr grosse Durchgangs-Oeffnungen bei geringem Hub, die Saugleitung ist etwas weiter als der grössere, die Druckleitung etwas weiter als der kleinere Kolbenquerschnitt, und kommen in der Pumpe keine Querschnitts-Verengungen vor, in Folge dessen ihr Gang ein sehr ruhiger ist.

Die Pumpen saugen das Druckwasser aus einem, zwischen den Maschinen-Fundamenten angelegten Canal, welcher von dem Abwasser des kleinen hydraulischen Motors für den Werkstättenbetrieb gespeist wird; dieses Wasser wird in einer aus Schotter, Sand und Reisig gebildeten Filteranlage gereinigt, um die Motoren der Bohrmaschinen zu schonen.

Accumulator. Die Druckleitungen vereinigen sich in der gemeinsamen zum Tunnel führenden Leitung von 70^{mm} Diameter, und zweigt diese seitlich zu den zwei Gewicht-Accumulatoren ab, welche wohl richtiger Druck-Regulatoren genannt würden.

Der Accumulator besteht in einem unten geschlossenen, senkrecht angeordnetem, Presscylinder, in welchem sich der Kolben auf- und abbewegt. Am Kolben hängt mittelst Querschnitt ein grosser mit Steinen und Sand belasteter Blechkasten, dessen Gewicht je nach dem erforderlichen Druck regulirt wird. Sobald der Druck des Wassers ein grösserer wird, als dieser Belastung entspricht, geht der Kolben und mit ihm das Gewicht in die Höhe und entlastet, nachdem er einen Weg von 0·8^m zurückgelegt hat, selbstthätig ein durch Volutfedern festgehaltenes Ventil, indem ein, an der Kolbenverlängerung befindlicher, Ansatz einen mit dem Ventil verbundenen Hebel auf die Seite drückt. Durch das

abgehobene Ventil kann dann ein Theil des Wassers austreten. Wird die Bohrung plötzlich unterbrochen, so wird durch den weiter steigenden Kolben das Ventil vollständig geöffnet und fliesst das ganze zugeführte Wasser durch dasselbe in das Leerrohr ab.

Sobald die Bohrung wieder beginnt, sinkt der Presskolben hinab, das Ventil schliesst sich, indem dessen Spannfedern in Action treten und der der Belastung entsprechende Druck ist mit wenig Kolbenhüben wieder hergestellt.

Der Accumulator ist so feinfühlig, dass der Maschinenführer an der Bewegung desselben und unter Beobachtung des Druckmanometers vollständig von allen Vorkommnissen bei der Bohrung im Stollen unterrichtet wird und den Gang der Turbine darnach reguliren kann.

Der Presskolben hat 85^{mm} Durchmesser, und entspricht einer Pressung des Wassers von 100 Atmos. eine Belastung desselben von 5675^{kg}. Das Ventil hat 40^{mm} Durchmesser und muss mit einer Kraft von 1256^{kg} auf seinen Sitz gepresst werden, um dem Druck von 100 Atmos. das Gleichgewicht zu halten. Bei Ueberschreitung jenes Druckes, für welchen die Gewichtsregulirung stattfand, öffnet es sich von selbst, falls die Auslösung durch den Hebel versagen würde; es ist also auch gleichzeitig Sicherheitsventil. Es sollen stets wenigstens zwei Accumulatoren in Thätigkeit sein, wodurch eine bessere Druckregulirung erreicht wird, als wenn nur ein Accumulator von doppelter Dimension eingeschaltet wäre.

Druckleitung. Für die Druckleitung werden ausschliesslich gezogene schmiedeiserne Rohre mit rechtem und linkem Gewinde und Muffen verwendet; die 70^{mm} starken Rohre am Arlberg-Tunnel, haben eine Fleischdicke von 6·5^{mm}. Die Dichtung erfolgt durch zwischengelegte Kupferinge, in welche sich die stumpfen Schneiden der conisch zugeordneten Rohrenden hineinpresse. An diese Rohrleitung schliesst sich ein metallener Gliederschlauch an, von dem das Druckwasser nach Bedarf an die Wassersäulmaschinen der Bohrmaschinen und an die Spannsäule vertheilt wird.

Principielle Aenderungen gegenüber der Ausführung am Sonnenstein-Tunnel. Was die Bohrmaschine selbst und deren Befestigung anlangt, so hat Herr Brandt bei seinen letzten Installationsanlagen einen seiner früher aufgestellten Grundsätze verläugnet. Herr Brandt suchte früher eine Forcierung der Arbeit dadurch hervorzubringen, dass er, noch bevor die abgesprengten Schuttermassen beseitigt waren, eine neue Aufstellung der Bohrsäule und Maschine vornahm, so dass Bohrung und Schutterung theilweise gleichzeitig stattfand. Dies war nur dadurch möglich, dass er die Bohrmaschine wie die Bohrsäule sehr leicht construirt, um jedes Object ohne grosse Schwierigkeit über die losen Berge vor Ort tragen zu können. Die Schwierigkeiten aber, welche sich bei der praktischen Durchführung ergaben, standen in keinem Verhältnisse zu den erreichten Vortheilen, anderseits war das dadurch bedingte geringe Gewicht der Säule und der Maschine nicht mehr mit der Construction vereinbar, wo es sich um Bohrung im festen Stein und um grossen Fortschritt handelte.

Nachdem sich also die Nothwendigkeit einer Verstärkung sowohl der Maschine als der Bohrsäule herausstellte, musste Herr Brandt dazu greifen, den ganzen Apparat auf Achsen und Räder zu montiren, womit die Möglichkeit der gleichzeitigen Bohrung und Schutterung entfiel.

Mit dem Wagen aber entfiel weiter bis zu einem gewissen Grade jede Rücksicht auf ein geringes Gewicht und konnten Maschine und Säule, hievon einmal unabhängig gemacht, viel kräftiger und dem Zwecke mehr entsprechend construirt werden, als solches früher der Fall war. Eine weitere Folge war die gleichzeitige Anwendung zweier Bohrmaschinen, welche auf derselben Bohrsäule angebracht sind.

Anwendung von 2 und 4 Bohrmaschinen. Schon am Pfaffensprung-Tunnel ist der Betrieb mit 2 Bohrmaschinen auf einer Säule eingerichtet, während für den Arlberg-Tunnel bereits ein Bohrwagen mit 2 Drucksäulen fertig in Reserve steht, welcher die gleichzeitige Anbringung von 4 Bohrmaschinen gestattet. Aus Ursachen, welche noch später geschildert werden sollen, fand dieser Wagen bisher keine Verwendung, und es wird daher noch praktisch zu erproben sein, ob sich bei einer solchen Besetzung des Ortes nicht die Bedienungsmannschaft selbst im Wege steht, indem

jede Maschine zwei Leute zur Bedienung benöthigt.

Bohrwagen. Während Brandt früher die Bohrsäule in senkrechter Stellung gegen den First verspannte, erfolgt jetzt deren Aufstellung in horizontaler Richtung. Die auf der Bohrsäule angeklebten Bohrmaschinen werden nur im Falle einer Reparatur von dieser abgenommen, bleiben aber beim Rückschieben des Bohrwagens auf derselben befestigt. Auf diesem Bohrwagen befindet sich der, in zwei horizontalen Lagern drehbare, verticale Drehzapfen eines langen zweiarmigen Hebels, an dessen einem Ende die Bohrsäule, an dessen anderem Ende hingegen ein entsprechendes Gegengewicht, welches die mit der Bohrmaschine armirte Bohrsäule vollständig ausbalancirt, befestigt ist. Auf diese Weise kann die Bohrsäule ohne Anstrengung gehoben, gesenkt und gedreht werden. Nachdem die richtige Stellung gefunden, wird der Hebel durch eine Schraube mit Handrad fixirt und die Säule durch Einlassen des Druckwassers angespannt.

Bei dem Bohrwagen mit 2 Bohrsäulen befinden sich die Drehpunkte der 2 Hebel in verschiedener Höhe und ist der Drehpunkt des Einen auf den vorderen Theil, der des Anderen auf dem rückwärtigen Theile des Wagens angebracht. Es werden somit die unteren Löcher der Stollenbrust mit den Bohrmaschinen der einen, die oberen mit denen der zweiten Bohrsäule gebohrt.

Spannsäule. Die Construction der Spannsäule beruht auf dem Principe einer hydraulischen Presse mit Differential-Plungerkolben. Der ringförmige Raum steht immer unter dem hydraulischen Druck und bewirkt das Zusammenziehen der Säule, wenn die Communication mit der Rohrleitung vor dem Plunger unterbrochen wird.

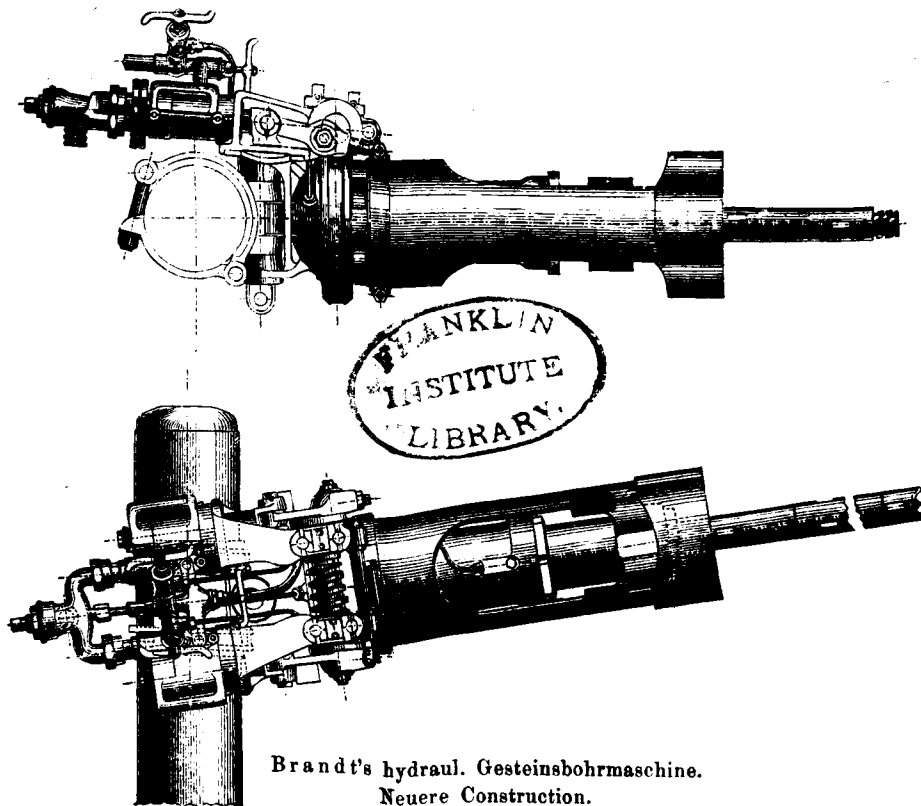
Der Durchmesser der Plunger beträgt 186^{mm}; bei 100 Atmos. Spannung des Druckwassers ist der Druck auf den Kolben, abzüglich des Gegen Druckes auf den ringförmigen Raum theoretisch 23.350^{kg} was circa die Hälfte mehr beträgt als bei jenen Spannsäulen, welche am Sonnenstein verwendet wurden, deren Plungerkolben nur 152.4^{mm} Durchmesser hatte. Das Lösen und Zurückziehen der Spannsäule erfolgt bei 100 Atmos. Wasserspannung unter einem Druck von 3640^{kg}. Der Ausschub der Bohrsäule ist 0.5^m.

Während bei den früheren Constructionen der hohle

Plungerkolben geschlossen war, also das Wasser nur in jenen Theil der Säule treten konnte, welcher nicht vom Kolben ausgefüllt wird, ist letzterer nunmehr auf einer Seite offen construirt und füllt sich die ganze Säule mit Wasser, wodurch eine weit grössere Stabilität derselben als früher erreicht wird. Das Gewicht der Säule, ist von 140^{kg} auf nahezu 300^{kg} gestiegen.

Beweglichkeit der Bohrmaschine auf der Spannsäule. Die Bohrmaschine ist auf der runden Bohrsäule verschiebbar und um dieselbe drehbar, wie bei den früheren Constructionen, die Befestigung erfolgt mittelst Klemmring.

Eine weitere Beweglichkeit der Maschine im so fixirten Zustande wird bei der neueren Construction dadurch erreicht, dass einerseits der Klemmring, andererseits der unbeweglich bleibende rückwärtige Theil des Vorschubcyllinders durch ein zum Feststellen eingerichtetes Charnier mit einander verbunden sind, in Folge dessen die Bohrmaschine



Brandt's hydraul. Gesteinsbohrmaschine.
Neuere Construction.

gegenüber der Säule eine von der rechtwinkligen Richtung abweichende Stellung einnehmen kann.

Die dadurch erreichte Beweglichkeit ist von grossen praktischen Vortheilen für die schnelle Bohrung; ein geringes Lösen einer Mutter genügt, um der Maschine jede beliebige Richtung zu geben. Während der Lösung bis zum Wiederanziehen wird die Maschine durch einen Mann balancirt.

Im festen Gestein, wenn die Bohrsäule sofort einen hinreichenden Halt gewinnt, genügen zum Ansetzen der Säule, Verbindung der Rohre und Ingangsetzung der Maschinen 8 bis 10 Minuten.

Mechanismus der Bohrmaschine. Die drehende Bewegung des Bohrers an der Bohrmaschine wird durch zwei, unter 90° gekuppelte, kleine Wassersäulmaschinen mit Differentialkolben bewirkt, deren Kolbensteuerung so eingerichtet ist, dass die rechtsliegende Maschine die linke und die linksliegende die rechte Maschine steuert. Hiedurch entfallen alle Excenter-Mechanismen, und trägt diese Anordnung sehr dazu bei, dass die Bohrmaschine compendiös und gedrängt gebaut werden kann.

Die rotirende Bewegung wird durch eine Schnecke auf ein Schneckenrad übertragen, welches mit der, den Druckcylinder umgebenden, cylindrischen Führung verbunden ist. Es dreht sich bei der Bohrung der Führungscylinder, welcher wieder durch das Gestänge mit dem Bohrer selbst verbunden ist mit dem vorderen Theil des Druckcylinders in und um den unbeweglich bleibenden rückwärtigen Theil desselben.

Der continuirliche Vorschub des Bohrers geschieht durch den directen hydraulischen Druck auf den Druckcylinder; der Rückgang erfolgt in gleicher Weise wie bei den Bohrsäulen, indem der constante Druck auf den ringförmigen Raum des Differentialkolbens, während der Unterbrechung des Druckes auf den Kolben selbst, in Wirksamkeit tritt.

Das Ausspülen des Bohrloches geschieht in der früheren Weise, indem das verbrauchte Wasser des Motors mittelst eines Rohres in den vorderen beweglichen Theil des Druckcylinders und von dort durch das hohle Gestänge und den Bohrer in das Bohrloch gelangt.

Dimensionen der Bohrmaschinen. Die am Arlberg in Verwendung stehenden Maschinen haben folgende Hauptdimensionen: Treibcylinder der Wassersäulmaschinen 62·5^{mm}, Stärke der Kolbenstange 44^{mm}, somit wirksamer Kolbenquerschnitt reichlich 150^{cm} gegen 11·50^{cm} der Sonnensteinmaschinen. Der Hub beträgt 60^{mm}; die Anzahl der Touren 120 per Minute, das Uebersetzungsverhältniss durch das Schneckenrad ist 1:38, so dass der Bohrer per Minute 3·16 Touren macht, wobei der Wasserverbrauch per Maschine theoretisch 0·36 Liter per Secunde erreicht. Bei weicherem Gestein macht jedoch die Maschine eine grössere Anzahl von Touren.

Der hydraulische Druck auf den Druckcylinder, welcher 133^{mm} Diameter hat, beträgt, nach Abzug des Gegendruckes auf den ringförmigen Raum, bei 100 Atmos. Pressung theoretisch 12·200^{kg}, während bei den Sonnensteinmaschinen dieser Druck nur circa $\frac{2}{3}$ desselben erreichte.

Die Maschinen sind also gegenüber der alten Construction bedeutend verstärkt und ist ihr Gewicht dem entsprechend auch von 120^{kg} auf circa 250^{kg} gewachsen. Selbstverständlich sind die Aenderungen in der Detailconstruction zahlreich, und hat die neue Maschine ein vollkommen geändertes Ansehen gegenüber der alten Construction.

Herr Brandt betrachtet diese Construction übrigens durchaus nicht als eine constante Type, sondern ändert die Dimensionen und Geschwindigkeitsverhältnisse nach der Härte und Zähigkeit des Gesteins. Die gegenwärtige Type wurde für den Pfaffensprung-Tunnel construiert, welcher sehr festen und zähen Gneis aufweist, eine Gebirgsformation, welche bereits auf der Ostseite des Arlberg-Tunnels vorgefunden wurde und ohne Zweifel auch auf der Westseite auftreten wird.

Für milderes Gestein gibt Herr Brandt dem Schneckenrad doppeltes Gewinde, wodurch sich bei sonstig gleichen Verhältnissen die Umdrehungen des Bohrers per Minute verdoppeln.

Gegenüber dem betäubenden Lärm bei den Percussions-Bohrmaschinen macht die Ruhe bei der Arbeit der Drehbohrmaschinen, welche nur durch das Knirschen des zermalmten Gesteins unterbrochen wird, einen ungemein beruhigenden Eindruck.

Gestänge. Der Ausschub der Maschine beträgt 335^{mm}, es muss somit der Bohrer, nachdem er 250 bis 300^{mm} tief gebohrt hat, zurückgezogen und das Gestänge verlängert werden.

Dieses geschieht in äusserst schneller Weise durch Einsetzen eines neuen Zwischenstückes, deren eine grosse Anzahl und in verschiedenen Längen vorhanden sein müssen. Die Verbindung der einzelnen Gestängstücke, sowie auch des Bohrers erfolgt durch Ineinanderschrauben mittelst viergängiger flacher Gewinde. Es genügt ein einziger Ruck mit dem Schraubenschlüssel, um die Lösung herbeizuführen, worauf das weitere Abdrehen ohne Werkzeug möglich ist.

Bohrer. Der rotirende Hohlbohrer, das eigentliche Werkzeug, hat vier Schneiden, welche etwas nach aussen geschränkt sind und einen äusseren Durchmesser von 70^{mm} haben, während der cylindrische Theil wie auch das Gestänge nur 64^{mm} misst. Durch die Schränkung der Zähne wird das Einklemmen des Bohrers im Loche vollständig vermieden.

Die Bohrer, welche anfänglich mit den Bohrmaschinen durch Gebrüder Sulzer in Winterthur bezogen wurden und über deren Provenienz ein geheimnissvolles Dunkel schwebte, stellten sich, wie vermuthet, bei näherer Untersuchung als österreichisches Fabrikat heraus; und ist der Arlberg-Tunnel Veranlassung, dass nunmehr bereits mehrere steierische Stahlwerke deren Fabrikation in's Auge gefasst haben. Die in's Leben gerufene Concurrenz lässt erwarten, dass in Bälde die geeignetsten Stahlgattungen ausfindig gemacht werden und eine Verbilligung dieses sehr theueren Verschleissmaterials eintritt.

Herr Brandt hat in jüngster Zeit Versuche gemacht, die Schneiden der Bohrer unabhängig von dem Bohrerkörper als auswechselbare Zähne in denselben einzusetzen. Sollte dieser Versuch einen praktischen Erfolg haben, so wären damit keine unbedeutenden Ersparnisse zu erzielen.

Gegenwärtige Ventilation auf der Westseite. Während die Ventilation auf der Ostseite in der ersten Bauperiode der Wirkung der für den Bohrbetrieb erzeugten comprimierten Luft überlassen werden konnte, musste auf der Westseite die Zufuhr von Ventilationsluft schon von Anfang an in's Auge gefasst werden. Es wurde daher sogleich ein Hochdruckventilator aufgestellt, welcher durch eine Rohrleitung von 120^{mm} Diameter frische Luft bis vor Ort einbläst.

Der Ventilator hat 1·35^m Diameter des Flügelrades und sechs Schaufeln; die an der Achse eingesogene Luft wird durch nach der Compressionscurve geformte Deckscheiben an die Peripherie geführt. Durch Pizometermessungen wurde constatirt, dass die Compression der Luft 60^{cm} Wassersäule erreicht; dabei macht der Ventilator 1500 Umdrehungen per Minute und hat eine Umfangsgeschwindigkeit von reichlich 109^m. Er wird von einer kleinen Turbine direct angetrieben, welche also dieselbe Tourenzahl macht und 255^{mm} Diameter hat.

Die effective Leistung dieser kleinen, von der gleichen Wasserleitung getriebenen Turbine, welche in einem ganz geschlossenen gusseisernen Gehäuse steht, ist circa zehn Pferdekräfte.

Provisorische Werkstätte. Am Maschinenhaus angebaut ist eine provisorische Werkstätte, welche durch einen kleinen Schmidt'schen oscillirenden Wassermotor von 130^{mm} Kolbendurchmesser und 175^{mm} Hub betrieben wird. In der Werkstätte sind 3 Drehbänke, 1 Bohrmaschine, 2 Fraismaschinen zum Nachsetzen der Bohrerzähne, 1 Schleifstein, 2 Schmiedfeuer und einige Schraubstöcke aufgestellt.

Sonstig erstellte Installationsanlagen. Das Maschinenhaus sammt der Werkstätte hat 267^{qm} Grundfläche. Des weiteren wurden in der vorjährigen Bauperiode Werkstättengebäude und Magazine von 857^{qm} Grundfläche gebaut; ferner Beamten- und Arbeiterhäuser, sowie Spital, Observatorium und Probirplatz im gleichen Ausmaass wie auf der Ostseite.

Schwierige Verhältnisse auf der Westseite im Sommer 1880. In mancher Beziehung lagen die Verhältnisse für den Bau der Installationsanlage in Langen viel schwieriger als in St. Anton, indem bedeutende Erdarbeiten, Bachcorrectionen und Zufahrtstrassen, von der gegen 25^m höher gelegenen Reichsstrasse aus, im Voraus erstellt werden mussten. Bedeutende Fundirungsarbeiten für alle Hochbauobjecte und die von allen Seiten drohenden Lawinen beeinflussten die Entscheidung über die Wahl der Stellung einzelner Objecte im hohen Maasse, wozu noch die klimatischen Verhältnisse kamen, welche weit ungünstiger als in St. Anton sind und besonders im vorigen Sommer in solcher Weise störend auf die Vollendung der Hochbauten wirkten, dass schliesslich nichts übrig blieb, als alles Mauerwerk der Hochbauobjecte in hydraulischen Mörtel auszuführen.

Gegenwärtige Schuttermethode.

Das Verhältniss zwischen der eigentlichen Bohrzeit und der Schutterzeit, das ist jene Zeit, welche zum Laden, Abfeuern und Abräumen des Stollenortes bis zum Beginn der nächsten Bohrrattaque erforderlich ist, ist in bedeutendem

Grade von der Härte des Gesteins abhängig, da die Bohrzeit mit der Gesteinshärte zunimmt, die Schutterzeit aber nahezu constant bleibt, wenn nicht besondere Zwischenfälle eintreten. Nach den bisherigen Erfahrungen in St. Anton ist dieses Verhältniss im grossen Durchschnitt 1:1.

Das Abkürzen der Schutterzeit ist daher von der gleichen Wichtigkeit für den Fortschritt wie die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bohrmaschinen.

Ostseite. Spurweite. Auf der Ostseite hatte der Unternehmer G. Ceconi, welchem die Arbeiten in der Periode vor der öffentlichen Offertausschreibung übertragen waren, und welcher nach derselben als Theilhaber der solidarisch haftbaren gemeinsamen Tunnelbau-Unternehmung G. Ceconi und Brüder Lapp, Geschäftsleiter in St. Anton geblieben ist, vom Anfang an das Fördergeleis im Sohlenstollen mit 0·70^m Spurweite angelegt.

Die Direction für Staats-Eisenbahnbauten hatte in so ferne die Spurweite mit 1·0^m bestimmt, als solche für die zum Zwecke des Beginnes der Arbeiten beschafften Bohr- und Wasserwagen angenommen war. Ueber Ansuchen des Unternehmers, und nachdem derselbe rechtzeitig Vorsorge für die Beistellung eines Bohrwagens von kleiner Spur getroffen hatte, begann jedoch die maschinelle Bohrung sogleich auf der kleinen Spur und beabsichtigt die Unternehmung dieselbe beizubehalten, was ihr vorläufig zugestanden ward.

Wagenconstruction. Die zugehörigen Förderwagen sind feste, ohne Kippvorrichtung, und basirt sich deren Construction auf die Möglichkeit der Kreuzung zweier Wagen an jeder beliebigen Stelle des mit 2·75^m Breite durchzuführenden Sohlenstollens, ohne zur Anlegung von Erweiterungen oder Nischen schreiten zu müssen. Demnach ist deren äusserste Breitendimension mit 1·3^m gegeben. Um den Laderaum trotzdem möglichst gross zu erhalten, haben die Wagen eine verhältnissmässig grosse Länge. Der lichte Raum der Kasten ist 2·57^m lang, 1·18^m breit und 0·53^m hoch, was einem Inhalt von 1·6^{kbm} entspricht.

Mit der Ueberhäufung können 2^{kbm} losen Materials geladen werden, was circa 1·2^{kbm} gewachsenen Fels ergibt. Der Radstand der Wagen beträgt 1·1^m; der Raddurchmesser 0·5^m; die Achsen haben 70^{mm} Stärke.

Ausweichgeleise. Das Fördern der losen Massen aus dem Sohlenstollen geschieht mittelst dieser Wagen in der Weise, dass kurz vor Ort ein zweites, beiderseits mit Wechseln eingebundenes Geleise gelegt wird, indem auf dieser Strecke das sonst fast in der Mitte liegende, durchlaufende Geleise etwas seitlich geschoben wird. Dieses Seitengeleis ist so lang, dass, ohne die Passage auf dem Hauptgeleise zu stören, 10—12 Wagen Aufstellung finden können, welche Anzahl zur Förderung des bei einer Attaque im Stollen gelösten Materials mehr als hinreichend ist.

Die Aufstellung der leeren Wagen auf dem Ausweichgeleise findet während der Bohrzeit statt; sofort nach vollendeter Bohrung wird der Bohrwagen auf das Hauptgeleise zurückgeschoben und werden die leeren Wagen durch den vorderen Wechsel vor denselben gestellt, wodurch das Ausweichgeleise wieder frei wird.

Nach dem Schiessen wird dann ein Wagen nach dem andern vor Ort geschoben, um geladen zu werden; wenn

gefüllt, in das Ausweichgeleise zurückgestellt und ein anderer vor Ort gebracht. Das Fördergeleise wird nach jeder zweiten oder dritten Attaque bis vor Ort verlängert und wächst die Distanz der Ausweiche vom Stollenort beständig. Wenn die Entfernung mehr als hundert Meter erreicht hat, wird so nahe als möglich, das ist ungefähr 10^m vor Ort, eine neue Ausweiche eingelegt und nach deren Vollendung die alte beseitigt. Die dadurch hervorgerufenen Oberbauarbeiten werden während der Bohrzeit vorgenommen und müssen derart organisirt sein, dass das Hauptgeleise stets wieder intact ist, sobald die Schutterzeit beginnt.

Eiserner Oberbau. Zur Erreichung dieses Zweckes verwendet die Unternehmung für die Ausweichen einen stossweise transportablen Oberbau, dessen Schienen mit den zugehörigen eisernen Schwellen zu tragbaren, stets genau wieder passenden, Rahmenstücken verbunden sind. Auch werden im Stollen nur Schienen von genau gleicher Länge verwendet.

Verladen der Berge durch Körbe. Das Verladen der gelösten Berge in die Wagen geschieht mittelst muldenartiger Körbe aus Blech, deren Länge 0.50^m, bei 0.35^m Breite und 0.10^m Ausbauchung in der Mitte beträgt. An den kurzen Seiten sind die Körbe mit Handgriffen versehen. Die Füllung geschieht, indem der Schutterer den Korb schief gegen die Schienbeine anlehnt, mittelst kurzstielliger Hakenschaufeln.

Anzahl der Mannschaft. Eine Schutterpartie besteht aus 7 Mann; die Stollenbreite genügt, dass 3 Mann ohne gegenseitige Hinderung in der Arbeit vor dem Wagen ihre Körbe füllen können; jeder von diesen hat seinen Hintermann, welcher den gefüllten Korb abnimmt, wenn nothwendig die wenigen Schritte bis zum rückwärtigen Theil des Wagens rückschreitet und den Korb umleert. Der siebente Mann sucht inzwischen die zwischen das Geleise gefallen oder die von der letzten Schutterung seitlich liegen gebliebenen Steine zusammen und dient erforderlichen Falles als Reserve.

Zeitdauer der Schutterung. Zur Füllung eines gehäuften Wagens, somit 2^{kbm} loser Masse, benöthigen diese 7 Mann 13—14 Minuten, dazu, je nach wechselnder Entfernung der Weiche, zur Rückschiebung des vollen und Herbeiholung eines neuen Wagens 2—4 Minuten. Es beträgt demnach die durchschnittliche reine Schutterzeit einer Attaque (7—8 Wagen) 1³/₄—2 Stunden. Diese Arbeit erfordert kräftige und gesunde Leute, da mit der Bewältigung solcher Massen in so kurzer Zeit ganz ungewöhnliche körperliche Anstrengungen verbunden sind.

Zu der reinen Schutterzeit tritt noch jene, welche einerseits zum Laden und Schiessen erforderlich ist und andererseits jene, welche ungenützt verfließt, bis der Stollenort nach dem Schiessen wieder betreten werden kann. Die zu dieser Manipulation erforderliche Zeitdauer hängt insbesondere mit der Ventilation zusammen und ist zu erwarten, dass nach Herstellung der früher besprochenen Wasserleitung und der Ventilationsleitung, der Stollenort nach erfolgtem Abschiessen früher betreten werden kann, als es jetzt der Fall ist. Es stehen ferner noch Versuche mit elektrischer Zündung aus und wird die Erfahrung zeigen,

ob damit ein Zeitgewinn verbunden ist. Das Abschiessen der Minen in der Stollenbrust geschieht jetzt in 3 Intervallen; zuerst die Einbruchschüsse in der Mitte, dann sofort nach erfolgtem Laden die obere Reihe und, nachdem ein Theil des Schuttes beseitigt ist, die unteren Schüsse.

Westseite. Auf der Westseite hatte die provisorische Unternehmung, Gebrüder Redlich, anfänglich ein Fördergeleise von ebenfalls 0.7^m Spurweite gelegt und bei Beginn der maschinellen Bohrung eine dritte Schiene hinzugefügt, um die mit 1^m Spurweite beschafften Bohr- und Förderwagen benutzen zu können. Die zugehörigen Wagen sind grösser und breiter als jene auf der Ostseite und enthalten circa 2.5^{kbm} lose Masse.

Bei dieser Wagen-Construction liesse sich dasselbe Schuttersystem wie auf der Ostseite nur dann durchführen, wenn der Stollen in den Ausweichstellen besonders erweitert oder Nischen hergestellt würden. Es geschieht daher die Verladung jetzt noch in der Weise, dass gleichzeitig zwei leere Wagen vor Ort geführt und das Material vom vorderen auf den rückwärtigen Wagen übergeschauelt wird, eine Manipulation, welche zeitraubender ist als jene an der Ostseite. Die Tunnelbau-Unternehmung beabsichtigt übrigens zu gleicher Spurweite und dem gleichen Schutter-System wie dort überzugehen.

Vervollständigung der Installations-Anlagen.

Das erste Augenmerk der neuen Bauunternehmung, G. Ceconi und Brüder Lapp, musste sich nach Uebernahme des Geschäftes auf die Vervollständigung der Installations-Anlagen, welche in der beschafften Ausdehnung nur für das erste Baujahr berechnet waren, richten. Nachdem sich die Unternehmung in der Weise in die Geschäftsführung getheilt hat, dass Ceconi die entscheidende Persönlichkeit für die Ostseite ist, hingegen Brüder Lapp in gleicher Eigenschaft auf der Westseite fungiren; nachdem ferner Ceconi ein Freund von Luft ist, die Gebrüder Lapp aber das Wasser vorziehen, kam bei der hisherigen Unentschiedenheit des Wettstreites zwischen diesen beiden Elementen kaum die Rede darauf, ob das eine oder das andere System schon jetzt zu verlassen sei.

Es werden also die Installations-Vergrösserungen im Sinne der provisorischen Anlagen weitergeführt.

Das im Vertrags-Elaborate ausgesprochene Programm der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten, betreffend die Ventilation, fand die vollste Zustimmung der Tunnel-Bauunternehmung.

In wie weit die Kosten der Beschaffung der weiteren Installations-Anlagen durch die Staatsverwaltung getragen werden, ist durch die Vertragsbestimmungen geregelt. Auch sind die dafür zu verausgebenden Maximalsummen, soweit solche den Staat belasten dürfen, limitirt.

Nach Verausgabung der für die einzelnen Posten bestimmten Summen, welche natürlich einer genauen Controle der Staatsbehörden unterliegen und deren Genehmigung bedürfen, hat die Unternehmung jeden weiter eintretenden Bedarf auf eigene Kosten zu bewerkstelligen. Auch obliegt ihr nebst der Beistellung der Verbrauchs-Materialien, die Beschaffung des gesammten Rollbahn-Materials inclusive

Locomotiven, sowie von Bohrmaschinen und anderer, grosser Abnutzung unterworfenen Requisiten etc. auf eigene Rechnung.

Es wäre verfrüht, heute in eine detaillirte Beschreibung der projectirten Anlagen einzugehen, und kann nur eine kurze Aufzählung derselben erfolgen.

Ostseite. Die projectirte definitive Kraftbeschaffungs-Anlage auf der Ostseite war bereits, wie früher erwähnt, im vorigen Jahre begonnen und erlitt dieses Project keine Aenderung. Es werden die neuen Installations-Anlagen insgesamt, mit Ausnahme der Werkstätte, ihr Kraftwasser von der oberen Rosanaleitung mit circa 130^m Brutto-Gefälle erhalten.

Compressoren. Für die Vermehrung der comprimierten Bohrluft sind 6 grosse Compressoren in Aussicht genommen, von denen jeder durch einen besonderen Motor (Wassersäul-Maschinen mit variabler Füllung) getrieben wird. Je zwei der Compressoren werden zu einer Gruppe mit gemeinschaftlicher Schwungradwelle vereint.

Die normale Leistung aller 6 Compressoren wird per Minute 15^{kbm} auf 6 Atmos. comprimierte Luft betragen. Die Bohrleitung erhält 220^{mm} lichten Durchmesser.

Ventilations-Anlage. Betreffs der Ventilation hat sich Herr Ceconi für eine Leitung von 400^{mm} Diameter bestimmt, während im Programm der Direction eine solche von im Minimum 350^{mm} Diameter vorgeschrieben war.

Die auf 180^{kbm} Luft per Minute erhöhte normale Leistung der Anlage wird durch 4 Gebläse-Cylinder geliefert. Auch diese sollen in gleicher Weise wie die Compressoren durch Wassersäul-Maschinen getrieben werden.

Werkstätten-Anlage. Endlich wird noch eine grössere Reparatur-Werkstätte erbaut und zum Betrieb derselben eine Turbine aufgestellt, die ihr Kraftwasser von der Niederdruck-Wasserleitung erhalten wird.

Westseite. Für die Westseite sind in Folge der Erfahrungen und Beobachtungen des verflossenen Winters die früheren Projecte für Beschaffung weiterer Wasserkräfte etwas modificirt worden.

Kraftverstärkung der oberen Anlage. Vorerst müssen der oberen Wasserleitung, soweit als irgend thunlich, weitere Bäche und Quellen zugeleitet werden, da sich gezeigt hat, dass die Ergiebigkeit der Wasserläufe im oberen Alfenzthale im Winter noch geringer ist, als nach den früheren Messungen erwartet werden konnte. Zu dem Ende ist nicht nur die bereits früher projectirte Einmündung des Moosbaches und des Alptobels in Aussicht genommen, sondern es sollen noch 3 weitere kleine Bäche: der Hoppenlandbach, der Sacktobel und der Langentobel eingeleitet werden. Ausserdem ist oben bei Stuben ein Vorraths-Bassin von circa 1200^{kbm} Inhalt projectirt, welches einerseits als Regulator für die in verschiedenen Tageszeiten sehr differirende Ergiebigkeit der Hauptzuflüsse, der Zürs und der Alfenz, dient: andererseits aber zu Zeiten der Wassernoth einen so grossen Vorrath aufspeichert, dass mit Hilfe desselben erforderlichenfalls das Auskommen für je eine Bohrperiode gefunden werden kann, indem während der Schutterperiode der Wasserconsum beschränkt wird. Die ganze Bohr-anlage soll in der wasserarmen Zeit durch die obere Anlage mit 180^m Gefälle getrieben werden; während bei

genügendem Wasser solches wie bisher vom Mittelwehr mit 85^m Gefälle entnommen wird. Wenn der Nutzeffect der Turbinen-Anlage in dieser Zeit auch etwas sinkt; so hat solches zu Zeiten des Wasserüberflusses Nichts auf sich.

Untere Kraftbeschaffungs-Anlage. Die für die Ventilations-Anlage erforderliche weitere Wasserkraft-Anlage, welche früher 2^{1/2}^{km} unterhalb des Tunnels bei Klösterle projectirt war, wird in geänderter Weise zur Ausführung gelangen, zu welcher einfacheren Lösung die Beobachtungen dieses Winters, insbesondere aber die Absicht der Unternehmung, das Ventilationsrohr von 350^{mm} Diameter, wie im Arbeitsplan der Direction angenommen, im ganzen fertigen Tunneltheil auf 500^{mm} zu erweitern, von entscheidendem Einfluss sind. Durch die Erweiterung des Querschnittes des Ventilationsrohres auf das Doppelte wird der Kraftbedarf zur Förderung gleicher Luftmassen so bedeutend reducirt, dass die erforderliche Wasserkraft an einem dem Tunnel bedeutend näher gelegenen Platze als ursprünglich projectirt, gewonnen werden kann.

Die Wassermessungen und Beobachtungen haben nämlich ergeben, dass trotz des zweimaligen Abfangens des gesammten Tagwassers der Alfenz (an dem oberen Wehre bei Stuben und am Mittelwehr) bedeutende Wassermengen zwischen dem Mittelwehr und dem Installationsplatze zu Tage treten, welche bis dahin ihren Weg unterirdisch in dem Gerölle des Stubener Thalbodens gemacht haben. Es besteht nun die Absicht, ein Wehr in der Alfenz mit einer Höhe von circa 50^m über dem Installationsplatze zu errichten und von dort eine Rohrleitung zu einem 40^m tiefer als der Tunnelmund gelegenen, zweiten Installationsplatze an der Einmündung des Alptobels, zu führen. Dieser Platz ist nur circa 500^m vom Tunnel entfernt, wodurch die Beaufsichtigung gegenüber dem früheren Projecte sehr erleichtert wird. Diese Anlage ergiebt nach den letzten Wassermessungen bei 90^m Gefälle für die Winterperiode 150 Pferdekkräfte brutto. Sollten dieselben für die Ventilation nicht ausreichen, so kann weitere Wasserkraft noch dadurch gewonnen werden, dass das Abwasser der Motoren am oberen Installationsplatze neuerdings mit etwa 40^m Gefälle zu diesem zweiten Installationsplatze geleitet wird.

Bohrinstallation. Die Erweiterung der Bohrinstallation wird in der Aufstellung von 2 weiteren gleichen Gruppen von je 4 Pumpen bestehen, wie deren eine Gruppe bereits vorhanden ist, und wird jede dieser Gruppen durch eine gemeinschaftliche Turbine getrieben werden. Es wird ferner beabsichtigt, neben der jetzigen Hochdruckleitung noch eine zweite in den Tunnel zu führen, um einerseits eine Reserve zu erhalten, andererseits die für die schnelle Reinigung der Luft so wirksame Einspritzung mit hochgespanntem Wasser nicht nur im Stollen, sondern auch in allen sonstigen, mit Hand betriebenen Arbeitsstellen vornehmen zu können.

Dampfmaschine als Reserve. Die äusserst schwierigen und immerhin für die Winterperiode nicht absolut zuverlässigen oberen Wasserkraftanlagen nöthigen die Unternehmung ferner zur Aufstellung einer Reserve-dampfmaschine von etwa 80 Pferdekkräfte, um für den äussersten Fall gerüstet zu sein. Die Dampfkesselanlage

soll gleichzeitig benutzt werden, warmes Wasser für eine Badeanstalt für Beamte und Arbeiter zu liefern, welche in Verbindung mit einer Kleidertrockenanstalt hier um so nothwendiger erscheint, als die, die Bohrmaschinen bedienenden, Leute in unvermeidlicher Weise in kürzester Zeit vollständig durchnässt werden, da bald hier bald dort Wasserausströmungen während der Manipulation des Bohrens vorkommen.

Werkstättenanlage. Von der Hochdruck-Wasserleitung sollen ferner 2 kleine Turbinen getrieben werden, von denen die eine die mechanische Werkstätte, die andere die Säge und Tischlerei betreiben wird. Sämmtliche Werkstätten vereinigen sich mit dem Kesselhause zu einer zweiten, von der Pumpenanlage getrennten, Gebäudegruppe.

Elektrische Beleuchtung. Des Weitern sollen Maschinen- und Werkstättengebäude, sowie der Installationsplatz elektrisch beleuchtet werden. Ob mit der Zeit auch der Tunnel selbst diese Wohlthat geniessen wird, und ob auch auf der Ostseite eine solche Beleuchtung eingeführt werden wird, hängt von zu machenden Erfahrungen auf der Westseite ab.

Ventilationsanlage. Die untern Wassersammelanlagen am Alptobel sollen ausschliesslich für Ventilationszwecke ausgenützt werden.

Nachdem sich die Unternehmung, wie schon besprochen, für ein Ventilationsrohr von 0.5^m Diameter entschieden hat, so wird die erforderliche Compression der Luft, um das im Arbeitsprogramm der Baudirection angenommene Quantum von circa 150^{kbm} per Minute bis vor Stollenort zu fördern, selbst dann mit $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ Atmos. Ueberdruck genügen, wenn die Leitung ihre Maximallänge von circa 6000^m erreicht haben wird.

Herr Brandt hat in Verbindung mit der Sulzer'schen Fabrik in Winterthur Versuche über die Wirksamkeit gekuppelter Centrifugal-Ventilatoren in einer 2000^m langen Rohrleitung angestellt und dabei so günstige Resultate erreicht, dass die Unternehmung die Ventilationsanlagen auf der Westseite des Arlberg-Tunnels in dieser Weise auszuführen wünscht.

Zur Verwendung werden dabei 2 Gruppen von je 3 Ventilatoren gelangen, deren jeder einzelne eine Compression von 60—70^{cm} Wasserdruck erzeugt; dabei soll die Möglichkeit der Kupplung aller Ventilatoren in eine Gruppe vorgesehen werden. Der Antrieb wird von einer gemeinschaftlichen Turbine mittelst Seilscheiben-Uebersetzung erfolgen, und wird die Umfangsgeschwindigkeit der Ventilatoren 120^m per Secunde erreichen.

Dass auf diese Weise für die nächsten zwei Jahre hinreichende Luftquantitäten in den Tunnel gefördert werden können, unterliegt keinem Zweifel, und wird es Sache der Erfahrung sein, ob auch für die spätere Bauperiode damit das Auslangen gefunden wird oder ob auf Gebläse übergegangen werden muss.

Anderweitige Completirung der Installationsanlagen. Endlich werden auf beiden Tunnelseiten noch weitere Magazine, Arbeiterhäuser und Wohnhäuser zu errichten sein.

Die neuen Installationsanlagen werden insgesamt bis zum Spätherbst dieses Jahres in Thätigkeit sein.

Bisherige Fortschritte der maschinellen Bohrung.

Wie Eingangs erwähnt, begann die maschinelle Bohrung auf der Westseite des Arlberg-Tunnels am 13., auf der Ostseite am 17. November 1880, also fast gleichzeitig. Der seitdem verstrichene Zeitraum von 3 $\frac{1}{2}$ Monaten würde genügende Anhaltspunkte zum Vergleich beider Bohrsysteme, sowohl was den Fortschritt als den ökonomischen Effect betrifft, ergeben, wenn die Gebirgsformation auf beiden Tunnelseiten eine annähernd gleiche gewesen wäre. Der grosse Unterschied aber, welcher bisher in dieser Beziehung obwaltet, erlaubt keinerlei vergleichende Beurtheilung; dennoch dürften Mittheilungen über die bisherig erzielten Resultate einigen Anspruch auf Interesse haben.

Ostseite. Gebirgsformation. Auf der Ostseite war das bis Anfang Februar aufgefahrene Gebirge durchwegs quarzreicher Glimmerschiefer mit sehr wechselndem Quarzgehalt. Manchmal trat der Glimmer zurück und bildete das Gestein die Uebergänge zum reinen Quarzit. Das Gefüge war zum grossen Theil sehr gleichmässig, und hatte die meist regelmässige Vertheilung von Glimmer und Quarz das Auftreten sehr mächtiger homogener Schichten zur Folge.

Die Schwierigkeit der Bohrarbeit wächst in derartigem Gestein mit zunehmendem Quarzgehalt; die der Sprengarbeit hingegen mit der Gleichmässigkeit des Gefüges und der dadurch hervorgebrachten grösseren Verspannung des Gebirges. Die Bohrlöcher können in diesem Gestein nicht tiefer als 1^m, höchstens 1.2^m gemacht werden, da sonst zu grosse Büchsen beim Abschiessen stehen bleiben.

Das angefahrene Gebirg zeigte während eines Theils des Monats Jänner grössere Schieferigkeit mit Aussonderung des Quarzes zu mehr oder weniger grossen compacten Massen, welche bis zu 0.4^m Mächtigkeit vorkamen. Zwischen dem Glimmer waren in diesen Partien hin und wieder Talklamellen eingelagert.

Im Vergleich zu dem Gestein mit gleichartig vertheiltem Glimmer und Quarz, war die Bohrarbeit eine bedeutend leichtere, indem die ausgeschiedenen Quarznester in den meisten Fällen bei der Austheilung der Bohrlöcher umgangen werden konnten. In dieser Formation können die Bohrlöcher tiefer gemacht werden. Hingegen tritt hier der Uebelstand des leichten Verklemmens der Bohrer ein, da am Arlberg-Tunnel das Streichen der Schichten fast mit der Richtung der Tunnelachse zusammenfällt. Es mussten schon manchmal Bohrlöcher von 0.5 bis 0.6^m Tiefe stehen gelassen werden, weil die Vertiefung der Löcher in Folge des Bohrer-verlaufens unmöglich wurde.

Anfang Februar zeigten sich Uebergänge von Glimmerschiefer zum Gneis und wurde bald ein äusserst fester Gneis angefahren, welcher in den letzten Februartagen wieder einem weicheren Glimmerschiefer mit eingelagerten Talklamellen wich. Während im Gneis nur mit schwerer Mühe die vorgeschriebenen durchschnittlichen 3.3^m Fortschritt per Tag erreicht wurden, ist in dem letzteren Gebirge ein täglicher Fortschritt bis zu 5^m keine Seltenheit.

Wasserzudrang. Wasserführende Schichten wurden auf der Ostseite nur in sehr geringem Maasse vorgefunden, und verlor sich das Wasser stets nach kurzer Zeit. Das

Gebirge war ausnahmslos so fest und standhaft, dass selbst in jenen Partien, wo Talkausscheidungen vorkamen, kein sofortiger Einbau erforderlich war und in dieser Beziehung die maschinelle Bohrung keine Störung erlitt.

Der partiellen Störungen des Betriebes durch Eisbildungen im Gerinne, durch Lawingänge und in der Luftleitung ist schon gedacht worden und werden die zwei ersten wohl in der Winterperiode nie ganz entfallen.

Fortschritte im Sohlenstollen. Nachstehend sind die Betriebsergebnisse über den Fortschritt des Sohlenstollens an der Ostseite bis Ende Februar zusammengestellt und sind die eingeführten Ziffern Mittelwerthe aus monatlichen Perioden:

	1880		1881		
	No- vemb. 17.—30.	De- cemb. 1.—31.	Jänner 1.—31.	Fe- bruar 1.—28.	Summ. und Durch- schn.- ziffern
1. Fortschritt des Stollens im Ganzen.....Meter	35.7	86.8	102.4	95	319.9
2. Durchschnittlich. Fortschritt per Tag....."	2.55	2.8	3.33	3.39	3.07
3. Zahl der Attaquen.....	37	88	87	83	295
4. Mittlerer Fortschritt per Attaque.....Meter	0.97	1.01	1.18	1.14	1.08
5. Mittlere Anzahl der Bohrlöcher per Attaque.....	14.5	18.0	18.1	21	19
6. Mittlere Anzahl der geförderten Wagen per Attaque....	7.0	6.5	6.0	7.0	6.5
7. Mittlere Gesamttiefe aller Bohrlöcher per 1 ^m Stollenvortrieb.....Meter	17.8	23.2	20.2	28.9	23
8. Dynamit-Verbrauch per 1 ^m Stollenvortrieb.....Kg.	16.5	21.5	18.5	26.3	22
9. Verbrauchte Bohrer- schneiden per 1 ^m Stollenvortrieb.....Anzahl	43	68	51	73	63
10. Zeitdauer aller Unterbrechungen.....Stunden	7	46	47	6	106
11. Hauptsächliche Ursachen der Unterbrechungen.....	Vollend. der Monti- rungs- Arbel- ten	Bar- bara- u. Christ- fest	Ein- frieren der Luft- leitung	Wasser- mangel durch Lawi- nengänge	

Die Verschiedenheit des Gebirges drückt sich in den Ziffern der mittleren Gesamttiefe aller Löcher, des Dynamitverbrauches und der Anzahl der verbrauchten Bohrer-
schneiden auf dem Meter Stollenvortrieb aus. Der mit einzelnen Attaquen erreichte Maximalfortschritt betrug 1.9^m der geringste 0.6^m.

Auf der Ostseite erreichte der Sohlenstollen am letzten Februar eine Tiefe von 528.4^m.

Der Firststollen, welcher noch mit Handarbeit betrieben wird, und dessen Fortschritt nach Bedarf mittelst Aufbrüchen forcirt wird, hat eine Tiefe von 417.7^m.

Am letzten Februar waren ferner 11 Ringe von zusammen 85^m Länge fertig gemauert, 3 Ringe befanden sich in der Mauerung und 7 weitere Ringe in verschiedenen Stadien des Vollaussbruches*).

*) Durchschnittlicher Tagesfortschritt im Sohlenstollen im März 4.07^m; Stollentiefe am letzten März 654.7^m; in der Mauerung vollendet 138.7^m Tunnel.

Westseite. Auf der Westseite war das Gebirge, welches ebenfalls der Formation des Glimmerschiefers angehört, bei Beginn der maschinellen Bohrung (am 13. November 1880) wohl weniger compact, schiefriger und mehr wasserführend als bisher auf der Ostseite vorgekommen, immerhin aber so fest und standhaft, dass, gleich wie in der verflossenen Periode des Handbetriebes, ein sofortiger Einbau des Stollens nicht erforderlich war. In den ersten drei Tagen der maschinellen Bohrung wurden 13^m Stollen in 10 Attaquen, somit per Tag 4.33^m aufgeföhren, obgleich der Schutterung damals noch nicht die hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Mit Erreichung des 239. Meters, am vierten Tage nach Beginn der maschinellen Bohrung, zeigten sich, unter Zunahme des Wasserandranges verwiterte Schiefereinlagerungen, welche mit Lettenlassen und graphitischen Schichten durchzogen waren, während die Schichtung der dazwischen gelagerten festen Partien im höchsten Grade unregelmässig ward. Beim Anspannen der Bohrsäulen an die Ulmen ward das Gebirge leicht zerdrückt, und es erfolgten sowohl an den Ulmen als im First zahlreiche kleine Nachbrüche.

Der Zustand des Gebirges erforderte den sofortigen Einbau bis unmittelbar vor Ort, und musste der Maschinenbetrieb vorläufig durch den Handbetrieb abgelöst werden. Im grossen Ganzen traten die gleichen Erscheinungen in der ganzen Periode bis Ende Jänner 1881 auf. Wenn auch inzwischen zu wiederholten Malen ein Wechsel zum Bessern eintrat, so war dieser doch von kurzer Dauer, und die erste Sorge musste stets dem Einbau gelten.

Die zahlreich angefahrenen Wasseradern zeigten sich wohl stets nur als Wassersäcke, welche sich zum grossen Theil nach Stunden oder Tagen entleerten. Die ergiebigste Wasserader ward mit 15 l. pr. Sec. gemessen, hörte aber auch schon nach 3 Tagen auf zu fliessen; ihre Temperatur betrug 8 bis 9°, während die oberirdischen Wässer eine Temperatur von nahezu Null Grad hatten, woraus geschlossen werden kann, dass die Communication mit den, die Tunnelachse kreuzenden, Bächen nur eine sehr geringe ist.

Der Betrieb war während dieser ganzen Periode ein mannigfach wechselnder und mussten sich die Dispositionen den Umständen anpassen. Sobald die festen Partien vorherrschten, wurde trotz des Einbaues bis vor Ort, Maschinenbohrung angewendet, um den Stollenvortrieb zu forciren; zur Vermeidung zu grosser Gebirgs-Erschütterungen jedoch dabei die Vorsicht gebraucht, dass die Löcher nur 1^m tief gebohrt und ganz schwach geladen wurden; auch die Anzahl der Bohrlöcher ward nach Umständen auf 3 bis 4 reducirt. Nahm die Stabilität des Gebirges ab, so wurde die maschinelle Bohrung neuerdings systirt und trat die Handbohrung wieder an deren Stelle.

Es ist wohl erklärlich, dass unter diesen Verhältnissen weder von einer rationellen Ausnützung der maschinellen Bohranlage, noch von einem ökonomischen Effecte des Bohrsystems die Rede sein konnte, und dass der Fortschritt weit hinter jenem der Ostseite zurückblieb.

Vom 13. November bis letzten Jänner entfallen 29 Tage auf maschinelle Bohrung und 45 Tage auf Handbohrung, während die restlichen 6 Tage ausschliesslich zum

Ausbau verwendet wurden. Der mittlere Tagesfortschritt betrug in dieser Zeit 1.5^m .

Vom ersten Februar an trat eine entschiedene Besserung des Gesteins ein; mit geringen Ausnahmen brauchte der Stolleneinbau nicht sofort bis vor Ort geführt zu werden, sondern konnte das Gebirge meistens einige Tage ruhig ohne Einbau stehen bleiben.

Freilich wurde noch keineswegs jene Gleichmässigkeit der Schichtung und des Gefüges erreicht, wie an der Ostseite; und verursachte besonders der periodisch eintretende bedeutende Wasserandrang, welcher bis zu 19 l. p. Secunde gemessen wurde, sowie vereinzelt vorkommende kleinere Nachbrüche, Aufenthalte. Die Maschinenbohrung konnte aber in grösserer Continuität wie in der vorhergegangenen Periode in Anwendung kommen und betrug der Fortschritt vom 1. bis 14. Februar per Tag durchschnittlich 3.36^m . Am 19. Februar traten jedoch wieder die alten Erscheinungen im gleichen Maasse auf, Einlagerungen von Letten, verworfenes Gebirge und verwitterte Partien kamen in mehr oder minder grösserem Maasse vor, so dass in gleicher Weise wie im December und Jänner die Maschinenbohrung wiederholt unterbrochen werden musste und der, dem Vortrieb auf dem Fusse folgende Einbau vielfachen Aufenthalt verursachte. Der Stollenfortschritt sank in der zweiten Hälfte des Februar auf 1.84^m per Tag.

Auf den ganzen Monat Februar entfallen 72.3^m mit durchschnittlich 2.58^m Fortschritt.

Aus den Attaquen-Protokollen der Westseite Durchschnittsziffern anzuführen, würde wegen der Unregelmässigkeit der maschinellen Bohrung nur zu Trugschlüssen verleiten. Es sei nur erwähnt, dass die reine Bohrzeit für 1^m Bohrloch zwischen 10 und 30 Minuten schwankt, und dass in der ersten Hälfte Februar der durchschnittliche Verschleiss an Bohrschneiden per Meter Stollenvortrieb 5.5 betrug. Im vorigen Sommer erreichte dieser Verschleiss am Pfaffensprung-Tunnel im Durchschnitt 5 Schneiden per 1^m Bohrloch, also etwa das 5—6fache, woraus ein Rückschluss auf das minder feste Gestein am Arlberg-Tunnel gestattet ist.

Auf der Westseite hatte der Sohlenstollen am letzten Februar eine Tiefe von 418.3^m erreicht. Der mit Handarbeit getriebene Firststollen zeigte sich selbst in den schlechtesten Partien nahezu trocken, indem er durch den vorgetriebenen Sohlenstollen entwässert war. Sein Fortschritt litt aber auch unter der Nothwendigkeit eines starken Einbaues und den sonstigen Vorsichtsmaassregeln, welche bei dem gebrächigen Gebirge erforderlich waren.

Am letzten Februar erreichte er eine Tiefe von 309.5^m . 3 Ringe von zusammen 19.5^m Länge sind nahezu

fertig gemauert, mehrere andere Ringe im Vollaussbruche begriffen*).

Wenn die bisherigen Fortschritte auf der Westseite geringer waren als auf der Ostseite, so muss die Ursache davon einzig und allein in der Gebrächigkeit des Gebirges gesucht werden.

Wäre das Drehbohr-System auf der Ostseite und das Percussions-System auf der Westseite installiert worden, so wäre der Unterschied im Vortrieb ohne Zweifel ein noch bedeutenderer, u. zw. nicht aus der bisher am Arlberg-Tunnel noch unerwiesenen Thatsache eines grösseren Fortschrittes des Drehbohr-Systems als des Percussions-Systemes im gleichen Gestein, sondern weil in dem gebrächigen Gebirge, wie es nun seit $3\frac{1}{2}$ Monaten mit wenig Unterschied an der Westseite auftritt, an eine combinirte Arbeit mit Maschinen und Handbohrung bei dem Percussions-Bohrsystem gar nicht zu denken gewesen wäre, und die ganze Periode hindurch die reine Handarbeit hätte eintreten müssen; dass aber alsdann der Fortschritt ein geringerer gewesen wäre, ist den bisherigen Erfahrungen nach mit Sicherheit anzunehmen.

Das Vertrauen zu dem Brandt'schen Bohr-System ist in keiner Weise gesunken; im Gegentheil ist sowohl die k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten als die Bauunternehmung mehr als je der vollen Ueberzeugung, dass die vorgeschriebene durchschnittliche Leistung von 3.3^m per Tag nicht nur erreicht, sondern wesentlich überschritten werden wird, sobald der Zustand des Gebirges keinen so fortigen Einbau bis vor Ort benöthigt.

Dass dieser Zustand bald eintrete, ist ein wohl berechtigter Wunsch aller Interessenten.

Wer schliesslich den Sieg davon tragen wird, ob Luft- oder Wasserbohrung, darüber liegen heute noch keine genügenden Erfahrungen vor, wird aber hoffentlich dann entschieden sein, wenn im nächsten Jahre weitere Mittheilungen von diesem Platze aus erfolgen sollten.

Zum Schlusse sei eine schon vielerseits gestellte Anfrage dahin beantwortet, dass seitens der k. k. Direction für Staats-Eisenbahnbauten alles Material gesammelt wird, um die beim Bau des Arlberg-Tunnels gemachten Erfahrungen nutzbringend für die Technik und die Wissenschaft zu verwerthen. Wie zu dem heutigen Vortrage das Material theils aus eigener Anschauung, theils aus officiellen Daten geschöpft wurde, so wird die Direction auch ferner stets geneigt sein, die Fachgenossen von allen Vorkommnissen beim Bau des Arlberg-Tunnels in Kenntniss zu setzen.

*) Durchschnittlicher Tagesfortschritt im Sohlenstollen im März 1.41^m ; es entfallen 16 Tage auf Maschinenbohrung, 6 Tage auf Handbohrung und 9 Tage wurden ausschliesslich durch den Einbau in Anspruch genommen.

Stollentiefe am letzten März 462.1^m in der Mauerung vollendet 29.7^m Tunnel.

Ueber Theaterbauten.

Von Architekt **Hermann Helmer.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt 8, 9 und 10.)

Der heutige Theaterbau, der bei geringem Anklang an historische Traditionen, lediglich den Anforderungen unseres modernen Culturlebens zu entsprechen hat, kann mit Recht als eine der interessantesten aber auch schwierigsten baukünstlerischen Aufgaben betrachtet werden, indem es sich darum handelt, in erster Linie den hohen künstlerischen Anforderungen, die an ein solches Bauwerk gestellt werden, zu genügen, in zweiter Linie den weitgehendsten praktischen Bedürfnissen Rechnung zu tragen, welche darin bestehen, eine Unzahl von Räumen, die den heterogensten Zwecken zu dienen haben, in ein organisch gegliedertes Gehäuse zu vereinen, das sowohl im Grundriss wie im Aufbau die Bestimmung des Gebäudes in überzeugender Weise erkennen lässt. Jedes Theatergebäude zerfällt in seiner inneren Einteilung in 2 Hauptbautheile, die streng von einander getrennt sind. Der erste Theil enthält jene Räume, die für das Publicum bestimmt sind, nämlich die, Vestibul-, Stiegen und Foyer-Anlagen mit dem Zuschauerraum sammt den nöthigen Nebenräumen. Der zweite Theil enthält die Bühne mit der Hinterbühne, den Decorations-Magazinen, Probesälen, Malersaal und die Garderoben für das Personal etc. etc. Um den Kern der ganzen Anlage, den Zuschauerraum, einem Raum von ganz eigenartiger, nichts weniger als monumentaler Wirkung, der den Tag verschläft, um erst bei Abend, beim Glanze der Lichtstrahlen gleichsam in architektonischer Balloilette in wohlgeordneten Sitzreihen und Logen seine Gäste zu empfangen, ziehen sich breite Corridore, um welche sich die Foyer, Stiegen und Vestibuls gruppieren. Bei der Anlage der letzteren handelt es sich in erster Linie um Bewältigung des Massenverkehrs, indem zu einer bestimmten Stunde eine grosse Anzahl Schaulustiger in den Vorräumen eines Theaters Platz finden müssen. Es sind die Zu- und Ausgänge für die Fussgänger und die Anfahrenden zu trennen, namentlich mit Rücksicht auf den Schluss des Theaters, und ist das Publicum thunlichst parallel zu einander durch die verschiedenen Eingänge zu den Cassen sowie auf die einzelnen Plätze zu führen, damit eine Gegenströmung unmöglich werde.

Das Logen- und Parquet-Publicum ist möglichst von dem Galerie-Publicum zu sondern, ohne damit die Communication der einzelnen Ränge untereinander, sowie die Erreichung des Foyers von allen Stiegen aufzugeben.

Die Besucher sind je nach der Qualität ihres Platzes über leicht auffindbare Stiegen, auf die möglichst würdigste und bequemste Art zu ihren Sitzplätzen zu führen. Beim Verlassen des Theaters ist dieser Schwarm von Menschen, in möglichst kleine Züge aufzulösen und wieder auf bequeme Weise zu den verschiedenen Ausgängen und zu den Unterfahrten in's Freie zu führen, ohne dass eine Stauung oder Gegenströmung entstehen kann.

Stiegen müssen in genügender Anzahl und Breite vorhanden sein und sind runde Stiegen entschieden zu ver-

meiden. Sie bilden gleichsam den Schlüssel des Planes und hängt von ihrer Anlage die Gesamt-Disposition des Grundrisses ab.

Die Foyers, welche eigentlich die Repräsentations-Räume eines Theaters genannt werden können, gewähren dem Architekten den weitesten Spielraum künstlerischer Gestaltung. Es handelt sich hier nicht, wie bei Disponirung der Stiegen, Vestibuls und des Zuschauerraumes, um die Ueberwindung zahlloser Schwierigkeiten, die sich dem Baukünstler hemmend in den Weg legen, sondern um die Herstellung von Sälen, welche in ihrer Decoration in einheitlicher harmonischer Wirkung sich dem ganzen Gebäude anschliessen und lediglich zur Erholung des Publicums während der Zwischenacte dienen sollen.

Nun zur Einrichtung des Zuschauerraumes.

Die Ueberlieferung, die uns das Alterthum über die Gestaltung des antiken Theaters gibt, besteht darin, dass wir dasselbe als ein halbkreisförmiges Amphitheater mit der stufenweisen Ueberhöhung der hinteren Plätze vor den vorderen kennen. Diese Halbkreisform wäre auch für unsere Theatersäle wohl die allergünstigste, indem in einem Raume, wo viele Menschen beisammen sind, und wo der Gegenstand der Aufmerksamkeit sich an eine Wand lehnt, die Menge sich instinctiv im Kreise um den Mittelpunkt des gemeinsamen Interesses gruppirt, um auf diese Weise möglichst nahe der Handlung zu sein und von allen Plätzen gleich gut zu hören und zu sehen.

Diese Form musste jedoch bei unseren modernen Theatern verlassen werden, indem es sich hier um die intensivere Ausnützung des Raumes handelt, und möglichst viele Zuschauer in verschiedenen Rängen mit Rücksicht auf den heute herrschenden Kastengeist unterzubringen sind, wodurch unsere vier, auch fünf Stock hohen Theatersäle entstanden.

Speciell in Oesterreich hat man in den neueren Theatern das Zellensystem der Logen adoptirt, während man beispielsweise in Frankreich, England und Deutschland die einzelnen Ränge balconartig über einander anordnet und die Logen nur mit niederen Barrieren abtrennt, eine Anordnung, die dem Theater einen freundlicheren, übersichtlicheren Eindruck verleiht.

Um nun die Breite der Prosceniumsöffnung nicht auf Dimensionen zu bringen, die für unser modernes Schauspiel und auch selbst für Spielopern unzulässig erscheinen, indem ja bei zu breiter Bühnenöffnung die feine Nuancirung der Rede und des Gesanges verloren geht, musste naturgemäss des Halbkreis durch entsprechende Gradinen verlängert und je nach dem verlangten Fassungsraume an der Prosceniumswand unbarmherzig abgeschnitten werden.

Ueber dem Parquet, welches nach dem Fond des Saales ansteigt, erheben sich in niederen Abmessungen die Logen, welche in ihrer eintönigen Form am Proscenium

durch die Hoflogen, auch bei Hoftheatern durch die Mittelfestloge unterbrochen werden, und nur in den oberen Rängen werden schwache Versuche gemacht, die amphitheatralische Form der Sitzreihen wieder einzuführen.

Es resultiren aus dieser Anordnung zwei Vortheile gegenüber der antiken Einrichtung des Theaters; erstens wird durch den vermehrten Fassungsraum ein grösserer Cassaertrag erzielt und zweitens erscheint auch selbst bei schwächerem Besuch des Theaters der Saal dennoch behaglich.

Die künstlerische Bewältigung der Innen-Decoration des Saales beschränkt sich lediglich auf die Ausbildung des Plafonds und des Prosceniums mit dem Anschlusse an die Prosceniumsöffnung, indem die Architektur an den Brüstungen und Bogenabtheilungen nur in bescheidenem Maasse auftreten kann.

Das Proscenium bildet nicht selten selbst bei neueren Theatern den wunden Punkt in Bezug auf die Sehlilien sowohl wie auf die Architektur und ist eine einheitliche Zusammenziehung des Prosceniums mit der Prosceniumsöffnung im Einklange mit der Plafondlösung nur auf Kosten der guten Sehlilien zu ermöglichen.

Aus diesem Grunde finden wir auch wohl bei den deutschen Theatern durchgehends eine selbstständige Behandlung des Prosceniums im Gegensatze zu den französischen Theatern.

Bei letzteren begegnen wir in der Grundrissform, die sich mehr dem Kreise nähert, einer strengen Symmetrie. Die Prosceniumslogen haben im Fond des Saales Pendants, und so ist dem Saale nicht nur constructiv ein logisches, sondern auch ein grösseres architektonisches Motiv unterlegt, welches in der Ausbildung der letzten Galerie mit der Verbindung des Plafonds ihren Ausdruck findet; dazu gesellt sich noch der Vortheil, dass hier die einzelnen Logen nur durch niedere Barrieren getrennt sind. Befördert man nun damit wohl die harmonische Gestaltung des Saales, so knüpfen sich daran doch einige wesentliche Nachtheile, namentlich wird den Seitenplätzen die Uebersicht der ganzen Scenen nicht gewährt; das Zurücktreten der oberen Ränge gegen die unteren wird fast ganz unmöglich, und befinden sich die Besucher der oberen Galerie unter der drückenden Decke des Plafonds, wobei noch die freie Ansicht auf die Bühne durch die Säulensstellungen, sowie durch die Rund- und Korbbögen, welche die Decke tragen, sehr beschränkt erscheint.

Die Vortheile des Zurückbauens der einzelnen Ränge sind von mancher Seite angefochten worden, die Erfolge jedoch, welche in Bezug auf das bessere Sehen erzielt werden, springen deutlich in's Auge. Es zeigt sich dies in eclatantester Weise bei der Vereinigung des dritten und vierten Ranges, wie dies im weitgehendsten Sinne im neuen Pester Volkstheater ausgeführt wurde, wo im Fond des Saales lauter werthvolle Plätze gewonnen werden, von welchen man nach allen Seiten hin freien Ausblick hat, im Gegensatze zu den sonst üblichen dritten und vierten Ranganlagen, wo man unter einer drückenden Decke sitzt.

Die Seitenplätze lassen sich ohnehin auch bei zwei getrennten Rängen nicht vermehren, da sich in den Seiten

überhaupt nicht mehr als zwei Reihen, von denen man gut sieht, anordnen lassen. Ausser diese für die Besucher der oberen Ränge erwähnten Vortheile gewinnt der Theatersaal entschieden an Uebersichtlichkeit und Grossartigkeit.

Hinsichtlich der Decorirung ist wohl zur Erzielung eines ruhigen einheitlichen Eindruckes ein Maasshalten in Farbe und Plastik das Dankbarste.

Jede Ueberladung und die Sucht, prunkvolle noch nicht dagewesene Motive zu entwickeln, ist unserer Ansicht nach ganz gefehlt; der Architekt darf nicht ausser Auge lassen, dass er nur eine in Form und Farbe gefällige Umrahmung für die Besucher, welche doch erst dem Saale durch zahlreiches Erscheinen den festlichen Eindruck verleihen, zu schaffen hat.

Die Frage der Akustik wird bei dem Projectiren des Zuschauerraumes, um in erster Linie der Optik zu entsprechen, wohl meistens in den Hintergrund gestellt, die verlangte Anzahl Zuseher ist für die Raumform des Saales zum Theil bestimmend und trotzdem, dass ganze Folianten über Akustik geschrieben wurden, existiren praktische Untersuchungen über schlecht akustische Theater und Aufzählung der Mängel fast gar nicht.

Eine in dieser Richtung höchst schätzenswerthe Arbeit ist die im Jahre 1810 erschienene Schrift von Langhaus, welche in eingehendster und klarster Weise nachweist, dass:

1. Die Zirkelform, d. h. der nach der Prosceniumsöffnung etwas zusammengezogene verlängerte Halbkreis im ersten Range als die dem Theater zu Grunde gelegte Form, die günstigste ist, dass durch ein Zurücktreten der oberen Ränge, der Vortheil erlangt wird, dass die Zurückwerfung und Verbreitung der Schallstrahlen, welche von der Decke des Fonds bewirkt wird, ungehindert auf die so entstandenen Plätze geschehen kann.

2. Die Brüstungen der verschiedenen Ränge sind entweder in einem gebogenen Profil herzustellen oder mit plastischen Ornamenten so zu verzieren, dass dieselben schallzerstreuend wirken.

3. Die Wände der Prosceniumsöffnung sind mit Säulen oder plastischen Formen, welche zerstreuen, zu versehen und ist die Decke des Prosceniums horizontal herzustellen, damit die Schallwellen keinen Nachhall bilden.

4. Für die Decke eines Theaters ist die geradlinige Form die beste, weil sie sich dazu eignet, die Schallstrahlen mehr zu zerstreuen als zu concentriren, es ist jedoch auch eine mässige Wölbung nicht durchaus schädlich für die Akustik.

Das Orchester wird bei allen neueren Theatern, um eine grössere Resonanz desselben zu erzielen, kesselförmig, wie eine auseinandergeschnittene Trommel, hergestellt.

Der Fussboden desselben ist an mehreren Stellen regelmässig durchlöchert, während die innere Fläche der Trommel, aus Bohlen, die möglichst isolirt auf Schwellen, welche wieder auf nach oben keilförmig zugespitzte Granitblöcken stehen, aus dünnen Brettern, die berohrt und verputzt sind, construirt ist.

Ganz ähnlich wird auch das Podium des Zuschauerraumes construirt und ist ebenso bei den Wänden und Logen dasselbe System möglichster Isolirung zu beobachten.

Eine höchst wichtige Frage ist jene der Anlage der Garderoben und finden wir in vielen neueren Theatern dieser Frage nicht die nöthige Beachtung zugewendet. Die Garderoben sind am zweckmässigsten so zu placiren, dass die Besucher womöglich, um zu ihren Plätzen zu gelangen, an denselben vorübergehen müssen, und nach Schluss des Theaters auf gleiche Weise zu der Garderobe gelangen; es ist so eine Gegenströmung oder Gedränge am besten hintanzuhalten. (Stadttheater.)

Was die Beleuchtung des Saales betrifft, so bleibt wohl der Luster immer unstreitig das schönste Beleuchtungsobject, welches die gleichmässigste Vertheilung des Lichtes zulässt.

Es werden jedoch durch das bedingte verhältnissmässig tiefe Hängen des Lusters die Besucher des oberen Ranges empfindlich durch denselben im Sehen beirrt, es erscheint demnach zweckmässig einen lusterartigen Beleuchtungskörper zu wählen der näher dem Plafond angebracht ist, man hat in dieser Richtung nun verschiedene Versuche gemacht, die jedoch nicht ganz gelungen sind, so dass man immer wieder zu einem Luster zurückgreift.

Was nun den zweiten Theil, die Bühne, betrifft, so sind die um sie gruppirten Nebenräume in entsprechender Anzahl und Grösse so zu disponiren, dass sie dem Betriebe nach Möglichkeit entsprechen. Die Bühnenstiegen müssen so angelegt sein, dass das Personal möglichst rasch von den einzelnen Garderoben aus den verschiedenen Stockwerken auf die Bühne gelangen kann, ohne hiebei dem lästigen Zuge in langen Corridoren ausgesetzt zu sein. Mit der Bühne in directer Verbindung ist ein geräumiges Versammlungszimmer des Personals nothwendig, welches womöglich mit den die Bühne umgebenden Corridoren communicirt, die Höhe der Bühne hängt von der Dimension der Prosceniumsöffnung ab, und ist die doppelte Prospecthöhe für die Lage des Rollenboden maassgebend. Das Podium muss von vorne nach hintenzu ansteigen; man nimmt in der Regel 5^m auf den Meter an. Die Hinterbühne dient meistens zur Aufstellung und zum Ordnen der Chöre und Züge.

Die auf Blatt 8 dargestellte grosse Oper in Paris nimmt nicht nur hinsichtlich ihrer Lage, die wohl als eine der schönsten und grossartigsten aller Pariser Monumentalbauten bezeichnet werden kann, sondern auch in Bezug auf die opulente und dabei ausserordentlich klare Raumdisponirung den ersten Rang unter allen bisher ausgeführten Theatern ein.

Mit grossem Geschick und sicherem Blick ist an diesem Bauwerk die Steigerung der decorativen Mittel nach dem Kern der ganzen Anlage, dem Theatersaale, angestrebt.

Durch die ganz mit Haustein ausgeführte Vorhalle gelangt man, das einfach getönte und mit Stichkappen gewölbte Vestibul passirend, in das Prachttreppenhaus, welches durch drei Stockwerke reicht; zu beiden Seiten ziehen sich breite

Arcaden, die vorgekuppelten Monolithsäulen aus pyrenäischem Marmor getragen werden; die Stiege selbst führt zweiarmig aus dem, unter dem Podium des Zuschauerraumes gelegenen, Vestibul des anfahrenen Publicums bis zur Höhe des Parterres, von hier gelangt man über einen 8^m breiten Mittelarm zum Amphitheater und führen zwei Arme links und rechts zur Höhe des ersten Ranges.

Die Balustraden sind aus rouge antik und algerischem Onyx hergestellt. Die Gemälde des Plafonds stellen die Götter des Olymps dar. Durch die breiten Corridore tritt man endlich in den mit verschwenderischer Pracht ausgestatteten Zuschauerraum, der wohl in seiner imposanten Wirkung bisher unerreicht dasteht.

Die Architekturtheile sind fast durchwegs vergoldet, und sind die Brüstungen mit plastischen Ornamenten bereichert.

Der kuppelförmige Plafond ist reich bemalt, und dient zur Beleuchtung des Saales ein Bronzeluster mit 300 Flammen. Trotz aller Pracht der Materiale und äusserst virtuosen Behandlung der Massenvertheilung lässt das etwas zu schwulstige zopfige Detail den Eindruck vornehmer Schönheit nicht aufkommen, es gilt dies sowohl von der Innen- als Aussen-Architektur.

Der Bau wurde in den Jahren 1861—1875 ausgeführt und betragen die Kosten circa 35½ Mill. Francs, der Fassungsraum ist circa 2200 Personen, es kommt somit auf den Sitz circa fl. 8000.

Das Wiener k. k. Opernhaus, welches ebenfalls auf Blatt 8 dargestellt, ist in den Jahren 1861—1868 erbaut. Die Gesamtkosten belaufen sich auf circa 6 Mill. Gulden, dass Theater fasst 3000 Personen, es kommt somit auf einen Platz fl. 2000.

Das königl. Schauspielhaus in Dresden (Blatt 9) ist in den Jahren 1873—1879 erbaut und kostet 4½ Mill. Mark bei 2000 Personen Fassungsraum, es kommt somit auf einen Platz circa fl. 1100.

Das neue Frankfurter Opernhaus (Blatt 9) soll circa 4¼ Mill. Mark gekostet haben und fasst ebenfalls 2000 Personen, es kommt demnach ein Platz auf circa fl. 1000. Bauzeit 1874—1880.

Das im Bau begriffene Pester k. Opernhaus (Blatt 9) soll 1½ Mill. Gulden kosten und ist für 1800 Personen Fassungsraum projectirt, es würde sich demnach der Preis eines Platzes auf circa fl. 850 belaufen.

Das Augsburger Stadttheater (Blatt 10) wurde in den Jahren 1876—1878 erbaut mit einem Kostenaufwande von 1,360.000 Mark, bei 1600 Personen Fassungsraum; es kommt somit auf einen Platz circa 500 fl.

Das Pester Volkstheater (Blatt 10) ist in den Jahren 1873—1875 erbaut. Die Bausumme beträgt fl. 680.000 bei einem Fassungsraume von 2500 Personen, es kommt auf einen Platz circa 270 fl.

Bestimmung des Wirkungsgrades der Motoren.

Von Prof. E. Schindler.

Haltet man Umschau auf dem Gebiete der industriellen Bestrebungen, so findet man eine ganze Reihe von Motoren, welche als Arbeitsvermittler functioniren. Als Quellen der Arbeit unterscheidet man im Allgemeinen die lebenden und todtten Kräfte. Alle Arbeit und Kraftleistung lässt sich zurückführen auf Bewegung. Die Bewegung bildet das gemeinsame Band jener Variationen der Arbeit, welche in verschiedenen Formen auftretend als Kraft- und Arbeits-Quellen gelten. Heute kennt man den Zusammenhang zwischen Arbeit, Wärme, Elektrizität und Licht. Die gemeinsame Basis aller ist Bewegung. Speciell aus dem Standpunkte der Arbeitsleistung kann man die Arbeit — mögen auch die Quellen, aus welchen wir die Arbeit schöpfen, welche immer sein — doch nur in einer Form gebrauchen, nämlich: „in Form der Wirkung einer Kraft während eines bestimmten Weges.“ Indem nun der Zweck eines jeden Motors darin besteht: „aus einer gewissen Arbeits-Quelle Arbeit aufzunehmen, um die aufgenommene Arbeit an einen weiteren Punkt zu übertragen und zu verwenden“, so vereinfacht sich der Motor in dem Maasse in seiner Anordnung, je unmittelbarer die Vermittlung der Arbeit erfolgt. Der Motor vervielfältigt sich in seinen Theilen, wenn die Arbeit nicht als solche, sondern in anderer Form, wie z. B. Wärme, dem Motor zugeführt wird, und wird nun eine ganze Reihe von Umständen die Verwendung der Arbeit beeinflussen. Diesen Gesichtspunkt festhaltend, erscheinen alle Motoren schon im vorhinein betreffs der Arbeitsverwendung als ungünstiger functionirend: „bei welchen erst eine Umwandlung aus einer Arbeitsform in eine andere erfolgen muss“. Der so als primitiv angesehene Hebel functionirt unter den günstigsten Umständen, als Maschine präsentirt derselbe die denkbar einfachste Anordnung.

Möge ein Motor welchem Systeme immer angehören, so sind es vornehmlich drei Standpunkte, aus welchem derselbe zu beurtheilen ist. Nämlich der „theoretische“, der „ideelle“ und der „praktische“. Steht eine gewisse Arbeitsmenge zur Verfügung, so handelt es sich um Feststellung und Wahl des Motors, welchem man die Arbeit übertragen will, um die günstigste Verwendung zu erzielen. Eben bei Feststellung der Wahl des Motors tritt die Theorie in ihre volle Geltung. Unbeirrt durch Einflüsse, welche sich aus der praktischen Anordnung ergeben, gestattet die theoretische Anordnung des Motors die Grenze festzustellen, welche in der Ausnützung der anvertrauten Arbeit zu erreichen ist. Man ist somit schon im vorhinein in der Lage, zu beurtheilen, wo die erste Grundursache einer sich ergebenden grossen Arbeitsverschwendung zu suchen sei, und dass man sie nicht dort sucht, wo sie nicht gesucht werden darf, nämlich in der praktischen Ausführung der Maschine. Die theoretische Anordnung bildet somit die Grundlage für die praktische Ausführung, sie verantwortet aber zu gleicher

Zeit, ob die getroffene Wahl die günstigste Verwendung der Arbeit in Aussicht stellt.

Ist H die Gefällshöhe für die Wassergewichtsmenge Q , so ist die zur Verfügung stehende Arbeit QH . Vermittelt man diese Arbeitsmenge durch ein unterschlächtiges Rad, so verzichtet man schon im vorhinein auf die volle Verwendung der Arbeit, nachdem 50% verloren gehen, somit die praktische Ausführung des Rades nur mit Rücksicht der Hälfte der zur Verfügung stehenden Arbeit zu beurtheilen ist. Ist somit eine günstigere Ausnützung der Arbeit QH möglich, so trifft ein Vorwurf in erster Linie die gewählte theoretische Anordnung, indem ja vielleicht die Wahl eines überschlächtigen Rades möglich war.

Handelt es sich um Wärmemotoren, so eröffnet sich ein weites Feld für die richtige Wahl eines passenden Motors. Die Quelle der Arbeitsleistung ist hier die Wärme, soll aber die Wärme in Arbeit umgesetzt werden, so kann dies nur durch einen Wärmeträger oder Vermittler erfolgen. Als zur Erzeugung der Wärme nothwendigen Stoffe functioniren die verschiedenen Brennstoffe, als Kohle, Holz, Gase u. s. w. Die durch Verbrennung dieser Stoffe erzeugte Wärme kann nun entweder durch eine Dampfkraft- oder aber durch eine Luftkraft-Maschine ihre Verwendung finden. Je nachdem man entweder Wasser oder Luft als den früher bezeichneten Vermittler zwischen Wärme und Arbeit benützt. Sollten aber solche Stoffe als Vermittler zwischen Arbeit und Wärme functioniren, so sind dieselben einem Kreisprocesse zu unterwerfen. Der Vermittler wird durch Wärmefortnahme und Wärmeentziehung gewissen Veränderungen unterworfen, im Verlaufe welcher die Arbeitsleistung durch denselben erfolgt. Nun ergeben sich neue Mannigfachheiten, indem die Wärmebewegung zwischen Vermittler und Wärmequelle entweder bei constanter Temperatur oder bei constanter Spannung oder endlich bei constanten Volumen erfolgen kann. Also nicht nur die Form des Aggregationszustandes (ob tropfbar, flüssig oder gasförmig), sondern auch die Art des Kreisprocesses, welchem der Vermittler unterworfen wird, bedingt, ob die theoretische Anordnung des Wärmemotors eine richtige und betreffs der Wärmeverwendung eine vortheilhafte ist.

Es kann an dieser Stelle nicht vermieden werden, dabei zu verweilen, Dampf- und Luftkraft-Motoren mit Rücksicht ihrer Vermittler einer vergleichenden Beurtheilung zu unterziehen. Vor der Alternative hingestellt, welchem Stoff man eine bestimmte Wärmemenge zur Arbeitsvermittlung zur Verfügung stellen soll, ist und war man sehr bereit zur Annahme, dass die Luft als gasförmiger Körper ganz bedeutende Vorthelle neben dem Wasser bieten müsse. Denn nur in Gasform ist es einem Vermittler möglich, die aufgenommene Wärme in Arbeit umzusetzen. Während nun die tropfbar flüssigen Körper den grössten Theil der auf-

genommenen Wärme dazu benöthigen, ihren Aggregations-Zustand zu ändern, wobei, wenn Wasser verwendet wird, mehr als 80% der zugeführten Wärme als innere und äussere latente Wärme auftritt und nur der Rest als frei bleibende Wärme zur Verwendung gelangt, so entfällt bei Luftkraft-Maschinen dieser Theil der Wärmeverwendung, indem ja die Luft bereits in jener Form vorhanden ist, welche dieselbe als Vermittler zwischen Wärme und Arbeit tauglich macht. Dieser Vorzug ist aber nur scheinbar. Denn während bei Dampfmaschinen 80% der Wärme als latente Wärme auftritt, so ist ein minimaler Theil an Wärme oder Arbeit nothwendig, um den Vermittler (Wasser) in tropfbar flüssiger Form unter dem Gegendruck des Kessels in letzterem einzuführen. Bei der Luftkraft-Maschine entfällt wohl die latente Wärme, hingegen muss die Luft in Gasform unter dem Gegendruck des Kessels in den letzteren eingeführt werden, welche Einführung eine bedeutende Wärmemenge erfordert. Wie sehr das vorhin Bemerkte richtig ist, erhellt aus Folgendem. Wählt man eine Hochdruck-Dampfmaschine mit Expansion arbeitend, so ergibt sich durch 1 Kilo Dampf, eine Arbeitsmenge von 424.125 Meter-Kilogramm, wie dies aus Dr. Zeuner's Werk aus den betreffenden Tabellen zu entnehmen ist, folglich leisten q_d Kilogramm Dampf an Arbeit $L_d = 424 \times 125 \cdot q_d$ Met.-Kilgr. Soll nun durch diese Dampfmaschine eine Arbeit von N Pferdekraft geleistet werden, so benöthigt man stündlich an Dampf $Q_d = 5.1 N$ Kilogramm. Es ist dies eine ideell vollkommene Maschine, denn in Wirklichkeit braucht man per Stunde und Pferdekraft nicht 5.1^{kg} Dampf, sondern 12—18^{kg}. Zur Bildung von Dampf benöthigt man für diesen Fall für je 1^{kg} 620 Wärme-Einheiten, es sind somit für 5.1 N stündlich an Wärme $W_d = 3160 N$ Einheiten nothwendig.

Wählt man eine offene Luftkraft-Maschine, bei welcher bei constanter Spannung die Erhitzung der Luft erfolgt, und zwar ebenfalls mit Benützung eines Kessels die Erwärmung herbeigeführt wird, so ergeben q_l Kilogramm Luft an Arbeit

$$L_l = q_l \frac{e}{A} (\sqrt{T_k} - \sqrt{T_l})^2$$

in welcher Gleichung $e = 0.237$ spezifische Wärme bei constantem Druck, $A = \frac{1}{4.24}$ die der Arbeitseinheit entsprechende Wärmemenge repräsentirt, T_k die absolute Temperatur der erwärmten Luft in dem Falle $T_k = 273 + 180 = 453$, T_l die absolute Temperatur der kalten Luft, in diesem Falle $T_l = 273$, so wird mit Benützung dieser Werthe $L_l = 424 \times 5.4 q_l$ Meter-Kilogramm.

Soll nun durch eine solche Luftkraft-Maschine dieselbe Arbeit von N Pferdekraft geleistet werden, so benöthigt man stündlich an Luft $Q_l = 120 N$ Kilogramm. Bevor diese Luftmenge in den Kessel eingeführt wird, wird dieselbe comprimirt, wobei in Folge der Compressions-Arbeit die Temperatur auf 76° steigt oder absolute Temperatur 349. Im Kessel ist nun diese auf 349° (absolut) erhitzte Luft noch bis auf 453°, also 104° zu erwärmen. Nachdem die Menge $Q_l = 120 N$ Kilogramm ist, wird die dazu nothwendige Wärme $W_l = 2950 N$ Wärme-Einheiten sein.

Eine einfache Vergleichung der für W_d und W_l gefundenen Werthe lässt erkennen, dass bei gleichen Leistungen die Luftkraft-Maschine nur um einen ganz geringen

Betrag weniger Wärme bedarf als die Dampfmaschine; denn die Wärmemenge W_l bildet 94% von W_d , somit die Luftkraft-Maschinen, wenn deren Anwendung dieselben Principien zu Grunde liegen wie bei den Dampfmaschinen, betreffs der Wärme-Verwendung keinen Vorthail bieten. Während bei einer 100 Pferdekraft-Dampfmaschine per Stunde 510^{kg} Wasser oder Dampf die Anlage passirt, so kommen bei einer Luftkraft-Maschine gleicher Leistung 12.000^{kg} Luft zur Verwendung.

Vorthelle betreffs der Wärme-Verwendung treten nur bei der Feuerluftkraft-Maschine auf, indem hier die Verbrennungsgase unmittelbar die Vermittlerrolle zwischen Arbeit und Wärme übernehmen.

Verlegt man nämlich den Heizraum unmittelbar in den Kessel, so kann auch in diesem Falle der Kreisprocess so durchgeführt gedacht werden, dass Wärme-Aufnahme und Entziehung bei constanter Spannung vor sich gehen kann (die expandirte heisse Luft, welche unter dem Gegendruck der äusseren Atmosphäre in letztere hinausgestossen wird, repräsentirt die Wärme-Entziehung). Lässt man nur einen Theil der kalten Luft zur Verbrennung gelangen und mengt dieselbe mit der frei gebliebenen kalten Luft, so kann als höchste Temperatur $T_k = 723^\circ$ angenommen werden. Nachdem nun $T_l = 273^\circ$ ist, so ergibt sich im Sinne der Formel

$$L_l = \frac{q_l}{A} (\sqrt{T_k} - \sqrt{T_l})^2$$

als Arbeit $L_l = 424 \times 26 \cdot q_l$. Soll nun durch eine solche Maschine die Arbeit von N Pferdekraft geleistet werden, so benöthigt man per Stunde $Q'_l = 24.8 N$ Kilogramm Luft. Bevor diese Luft in den Kessel eingeführt wird, wird dieselbe comprimirt, wodurch eine Temperatursteigerung eintritt, welche sich im Sinne des vollständig durchgeführten Kreisprocesses nach Formel $T_o = \sqrt{T_k T_l}$ bestimmen lässt.

Mit Rücksicht der Werthe für T_k und T_l ist $T_o = 423^\circ$. In dem Kessel ist nun die Temperatur von 423° auf 723 zu steigern, somit um 291°, nimmt man als spezifische Wärme auch in diesem Falle $e = 0.237$ an, so sind $W'_l = 1660 N$ Wärme-Einheiten nothwendig um die oben berechneten Q'_l Kilogramm Luft von 432° auf 723° zu erhitzen.

Bei der Berechnung betreffs der Dampfmaschine wurde als nothwendige Wärmemenge $Q_d = 3160 N$ Wärme-Einheiten berechnet. Bedenkt man nun, dass diese Wärmemenge, die thatsächlich in den Kessel übergeführte bezeichnet, und dieselbe im günstigsten Falle von der in dem Heizraum entwickelten Wärme 60% beträgt, so sind zur Leistung von N Pferdekraft Arbeit im Heizraume $W'_d = 5270 N$ Wärme-Einheiten zu entwickeln.

Für dieselbe Leistung sind aber bei den Feuerluftkraftmaschinen von nur $W'_l = 1660 N$ Wärme-Einheiten nothwendig, diese Wärmemenge bildet von der früheren nur $W_l = 0.30 W'_d$, somit erweist sich der theoretische Kreisprocess der Feuerluftkraft-Maschine gegenüber der Dampfkraft-Maschine mit 70% günstiger.

Steht somit eine gewisse Wärmemenge zur Verfügung, so wird es sich in erster Linie darum handeln, zu entscheiden, welchen Vermittler man als Wärmeträger nimmt. Hat man sich darüber entschieden, dann ist es der Kreisprocess, welchen man dem Vermittler unterwerfen will. Hat man

nach beiden Richtungen die Wahl getroffen, dann hat man dem zu feuernden Motor die theoretische Grundlage geschaffen, man ist sich aber auch dessen bewusst, was man von dem Motor betreff der Wärmeverwendung zu erwarten berechtigt ist. Indem jedem Wärmemotor ein Kreisprocess zu Grunde gelegt wird, so ist eine theoretische Basis geschaffen, welche schon im Vorhinein zu beurtheilen und festzustellen gestattet, welcher Betrag an Wärme oder Arbeit als Verlust zu nehmen ist, welcher mit Rücksicht des gewählten Kreisprocesses gar nicht umgangen werden kann. Handelt es sich daher um die Beurtheilung einer Maschinen-Anlage, so ist somit in erster Linie die theoretische Anordnung d. h. der der Maschine zu Grunde gelegte Kreisprocess einer Untersuchung zu unterziehen.

Mit dem in dem letzteren Hervorgehobenen ist all dasjenige berührt, welches sich auf die Beurtheilung einer Maschine aus theoretischem Standpunkt bezieht.

Der zweit erwähnte Standpunkt ist der ideelle. Verlässt man den theoretischen Boden und übergeht man auf die praktische Durchführung, so sind es eben praktische Momente, welche die durch die Theorie vorgeschriebenen Bedingungen einzuhalten nicht gestatten. Ohne noch das Gebiet der wirklichen Ausführung eines Motors zu berühren, so wird es unmöglich, speciell jene Grenze in der Expansion einzuhalten, welche die Durchführung des theoretischen Kreisprocesses vorschreibt. Während sich also bei dem theoretisch vollständig durchgeführten Kreisprocess die Expansion des Vermittlers innerhalb des Temperatur-Intervalles $T_k - T_0$ vollzieht, wird die praktisch ausgeführte Maschine eine Expansion nur innerhalb des Temperatur-Intervalles $T_k - T'_0$ aufweisen und sogar als nothwendig erscheinen lassen. Nochmals betonend, ohne die Art der praktischen Ausführung zu berühren, wird der der Maschine thatsächlich zu Grunde gelegte Kreisprocess von dem theoretischen eine Abweichung aufweisen. Es ist daher nur wieder billig und recht, dass man von der Maschine nur das an Arbeit fordert, was selbe überhaupt zu leisten im Stande ist. Wenn also der der Maschine zu Grunde gelegte theoretische Kreisprocess eine Expansion innerhalb der Temperaturgrenze $T_k - T_0$ fordert, die Maschine in Folge ihrer dimensionellen Anlage nur eine solche innerhalb der Temperaturgrenze von $T_k - T'_0$ ermöglicht, so kann die Maschine im günstigsten Fall also wenn selbe von ideeller vollkommener Ausführung ist, also weder Verluste durch Reibung noch Undichtheit noch durch Leitung aufweist, nur jene Arbeit leisten, welche der Temperatur-Intervalle $T_k - T'_0$ entspricht. Der ideelle Standpunkt entkleidet somit die Maschine aller Unvollkommenheiten, welche mit Rücksicht der praktischen Ausführung entstehen und gar nicht zu umgehen sind und betrachtet die Maschine als Ideales und bietet dadurch die Möglichkeit, die Abweichung von der theoretisch, möglich erreichbaren Grenze in der Verwendung der Arbeit zu constatiren. Beispielsweise ist es ganz gut möglich, die Spannung im Condensator auf 0.2 Atmosphären zu erhalten, niemals ist es aber möglich, wie es der theoretisch zu Grunde gelegte Kreisprocess erfordern würde, die Expansion in dem Cylinder so weit zu führen, dass auch der expansirte Dampf eine Spannung von 0.2

Atmosphären aufweise. Es müsste in dem Cylinder eine zwanzigfache Expansion eintreten, während selbst eine zehnfache bereits Schwierigkeiten macht.

Die Beurtheilung eines Motors aus idealem Standpunkt ist eine Nothwendigkeit; sie ist nothwendig um mit Rücksicht der dimensionellen Anlage zu constatiren, wie weit die Abweichung von dem theoretischen Kreisprocess eintreten muss. Sie ist nothwendig gegenüber dem dritten Standpunkte, aus welchem ein Motor zu beurtheilen ist, nämlich dem praktischen. Hier angelangt versagt die Theorie ihre Dienste und sind es eben nur Erfahrungsergebnisse, welche über die Art der Ausführung des Motors Aufschluss geben. Die auftretenden Verluste sind dreifacher Natur. Es geht Arbeit oder Wärme verloren durch Reibung, es geht Wärme verloren durch Leitung, endlich, und dies ist der wichtigste Verlust, nämlich der durch Undichtheit herbeigeführte. Zur Constatirung dieses wichtigsten Verlustes dienen zwei Momente. Möge die Maschine eine Volldruck- oder eine Expansionsmaschine sein, in beiden Fällen bleibt der Arbeitscylinder durch eine gewisse Zeit mit dem Kessel in Contact. Indem nun der Kessel reich versehen ist mit arbeitsfähigem Volldruck-Vermittler, so wird sich trotz der Undichtheiten der Cylinder mit Volldruck-Vermittler füllen und der Grad der Undichtheit wird sich bestimmen lassen von der Menge des Vermittlers, welcher in dem Kessel verbraucht wurde. Wäre die Maschine von ideell vollkommener Anordnung, so lässt sich für eine bestimmte Arbeitsleistung die Menge des Vermittlers berechnen, welche von dem Kessel geliefert werden muss, was darüber nun als Bedarf erscheint, repräsentirt den Verlust durch Undichtheit, während der Cylinder mit dem Kessel in Verbindung war. Wird nun der Kessel geschlossen, so zeigt der Spannungs-Indicator die Veränderungen an, welche in dem expansirenden Vermittler eintreten.

Indem der Raum beim Abschluss des Kessels bekannt ist, bekannt ferner das Volumen, bei welchem die Expansion aufhört, so lässt sich auf theoretischem Weg bestimmen, wie gross die Endspannung des Vermittlers sein müsste, wenn keine Verluste eintreten würden. Durch das Spannungs-Diagramm erhält man aber Kenntniss von der Grösse der Endspannung des Vermittlers, der Unterschied von der theoretisch berechneten ermöglicht es, die Menge des durch Undichtheit verloren gegangenen Vermittlers und zwar während der Expansion zu bestimmen.

Während der Volldruck-Wirkung gestaltet sich der Verlust auf Rechnung des in dem Kessel enthaltenen Vermittlers, während der Expansion aber geht von derjenigen Vermittlermenge ein Theil verloren, welcher thatsächlich beim Abschluss des Kessels sich in dem Cylinder vorgefunden.

Resumirt man das bisher Erörterte, so lässt sich dasselbe in Folgendem zusammenfassen.

Die Temperatur in dem Kessel und Condensator (bei offenen Maschinen bildet die äussere Atmosphäre den Condensator) gestattet den theoretischen Kreisprocess der Maschine zu beurtheilen und jene Arbeitsmenge zu bestimmen, welche theoretisch zu erreichen möglich wäre. Dies ist die theoretische Beurtheilung.

Constatirt man die dimensionellen Verhältnisse des wirklich ausgeführten Motors und des Expansions-Verhältnisses, so lässt sich die Arbeitsmenge berechnen, welche die Maschine bei ideell vollkommener Ausführung leisten würde.

Nimmt man endlich die durch das Indicator-Diagramm gebotene als Basis der Beurtheilung, so schafft man sich im Vergleich zu den aus theoretischen und ideellen Standpunkten berechneten Resultaten über die mehr mindere Vorzüglichkeit der Ausführung der Maschine Kenntniss. In seinem ganzen Umfange vervollständigt kann dieses Urtheil aber in letzter Linie durch Bremsversuche an der Maschine werden, indem dadurch constatirt wird, welches Arbeitsquantum thatsächlich von der Maschine abgegeben wurde.

Aus dem bisher Erörterten ist zu entnehmen, dass die fachgemässe Beurtheilung eines Motors keine geringe Kenntniss des Beurtheilers erfordert. Soll aber der Wissenschaft, der Theorie, der derselben gebührende Rang eingeräumt werden können, anticipirt dieselbe die Führerrolle, so muss dieselbe dem Laien jenen Rückhalt schaffen und bieten, dass derselbe auf Grund der festgestellten Anhaltspunkte in seinem Interesse eine richtige Wahl zwischen den ihm gebotenen Motoren treffen könne. Die Theorie muss herabsteigen in das Gebiet der Praxis und hat jene Normen festzustellen, welche eine sichere Beurtheilung der Kraftmotoren ermöglichen.

Die Arbeits- und Kraftquellen spielen in der gesellschaftlichen Ordnung eine solch' wichtige Rolle, dass die Erkenntniss dessen, ob auch diese Quellen eine richtige Verwendung finden, zum dringenden Bedürfniss wird. Wird es schon aus praktischen Momenten für den Industriellen nothwendig zu erkennen, durch welchen Motor die billigste Arbeitsvermittlung möglich wird, so erscheint es ebenso wichtig, dass die Theorie kein Schwanken erkennen lasse, entspringend vielleicht aus persönlichen Anschauungen.

Möge die Quelle, aus welcher wir Arbeit schöpfen, welche immer sein, so wird in allen Fällen, in welchen zwischen der Arbeitsquelle und Arbeitsabgabe ein Motor als Vermittler erscheint, nicht mehr die ganze aus der Arbeitsquelle geschöpfte Arbeit zur effectiven Arbeitsleistung gelangen. Eine ganze Reihe von Momenten beeinflusst die Leistung des Motors als Vermittler. Der Verlust an Arbeit, welcher bei jeder Vermittlung eintritt, erscheint um so grösser, je grösser die Zahl der Umsetzungen ist, welche die von dem Motor aufgenommene Arbeit bis zur wirklichen Leistung durchzumachen hat.

Vornehmlich sind es zwei Quellen, aus welchen wir Arbeit schöpfen. Die erste ist jene Arbeitsmenge; welche in den, in Bewegung begriffenen Massen bereits angehäuft ist oder sich während der Bewegung dieser Massen erzeugt und sofort zur Arbeitsleistung verwendet wird. Die Motoren, welche als Vermittler dieser Arbeitsquellen functioniren, sind die hydraulischen Motoren. Diese Motoren empfangen die Arbeit bereits als fertiges Product. Die zweite Quelle, und unstreitig wichtigere, ist jene Arbeitsmenge, welche durch Erzeugung von Wärme zur Verfügung steht.

Es war eine epochale Errungenschaft, die Erkenntniss dessen, dass Wärme und Arbeit sich ersetzende Factoren sind, und dass zwischen bestimmten Mengen derselben, ein

genaues und constant bleibendes Verhältniss bestehe. Es war eine der bedeutendsten Errungenschaften die Erkenntniss dessen, dass durch eine Arbeit von 424 Meterkilogramm die einer Wärmeeinheit gleichkommende Wärmemenge geschaffen werden kann, und umgekehrt kann dieses Resultat als eines der wichtigsten Erfahrungs-Ergebnisse betrachtet werden, so bleibt der Name Clausius für immer an dieses Ergebniss geknüpft durch die von ihm bewirkte und gefundene, theoretische Bestimmung des Aequivalenz-Werthes der durch Wärme-Auf- oder Abgabe herbeigeführten Zustandsänderung. Es ist dies jener zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, welcher im Verein mit dem ersten die richtige Grundlage für alle Wärmemotoren geschaffen. Die Wärme ist die zweite Arbeitsquelle. Sie entsteht durch Verbrennung des Brennstoffes, wir kennen die Menge der Wärmeeinheiten, welche durch vollständige Verbrennung je von 1^{kg} Brennstoff entwickelt werden. Wir kennen somit auch jenes Arbeitsquantum, welches der Verbrennung von 1^{kg} Brennstoff entspricht und thatsächlich zur Verfügung steht. Soll aber die Wärme in Arbeit umgesetzt werden, so kann dies nur durch die Expansion von Gasen geschehen. Möge nun die Arbeitsquelle welche immer sein, die Motoren, mögen selbe zu den hydraulischen oder Wärmemotoren gehören, lassen sich in zwei Hauptgruppen scheiden.

In die erste Gruppe gehören diejenigen, bei welchen die Arbeit oder Wärme an einen gesonderten Theil also an ein Zwischenglied übertragen wird und erst diese übertragene Arbeit oder Wärme gelangt zur Arbeitsverwendung. In die zweite Gruppe gehören diejenigen Motoren, bei welchen die aus der Quelle geschöpfte Arbeit oder Wärme mit Vermeidung jedweden Zwischengliedes durch den Motor zur Verwendung gelangt. Bei diesen Motoren geschieht die Arbeitsleistung gleichzeitig mit der Erzeugung der Arbeit.

Es wird klar, dass die zweite Hauptgruppe der Motoren betreffs der Verwerthung der Arbeit schon im Vorhinein, abgesehen von allen praktischen Momenten also schon aus theoretischen Gründen, gegenüber der ersten Gruppe in Vortheil sein muss.

Der Arbeitsbegriff ist nur möglich bei einer in Bewegung befindlichen Masse. Wenn daher von einer in Bewegung befindlichen Wassermasse ein Theil ihrer Arbeit an eine zweite Masse (also Zwischentheil, Masse des unterschlächtigen Rades) übertragen wird, so befinden sich beide Massen nach Ausgleich der Geschwindigkeit in Bewegung. Die in der Wassermasse angehäuften Arbeit vertheilt sich somit auf zwei Massen und derjenige Theil, welcher in der Wassermasse zurückgeblieben, kann keine weitere Verwendung finden, ist als Verlust anzusehen. Diesem Falle finden wir uns gegenüber bei den unterschlächtigen Rädern. Die Masse des Rades functionirt als Zwischenglied, in welches ein Theil der im anstossenden Wasser angehäuften Arbeit übertragen wird. Es ist bekannt, dass im günstigsten Falle 50% gewonnen werden können.

Zur selben Motorengruppe gehören alle mit Vermittler arbeitenden Wärmemotoren. Möge nun Wasser oder Luft als Vermittler functioniren, so wird die in dem Heizraum erzeugte und in den Brenngasen angehäuften Wärme nach Ausgleich

der Temperaturen sich auf zwei Massen vertheilen und wird vorausgesetzt, dass die Verbrennung eine vollkommene sei, im günstigsten Falle angenommen werden könne, dass 60% von der im Heizraume erzeugten Wärme an die Vermittler also Wärme oder Luft übergehen. Die mit Kesseln versehenen Wärmemotoren und die unterschlächtigen Wasserräder rangiren somit in eine Gruppe; bei beiden muss man schon im Vorhinein auf die volle Verwendung der Wärme oder Arbeit verzichten, indem 40% resp. 50% als im Wesen der Anordnung des Motors zu suchende Verluste zu betrachten sind.

Lässt man das bewegte Wasser in die Kästen eines Rades eintreten, so dass die während der Bewegung des Rades sinkende Wassermasse und die dadurch erzeugte Arbeit sofort als Druckkraft thätig wird, also während der Erzeugung sofort zur Arbeitsleistung verwendet wird, so fällt die Vertheilung der erzeugten Arbeit auf zwei Massen fort, und folgerichtig müssen solche Motoren eine günstigere Verwendung der Arbeit aufweisen. (Das Ponceles-Rad zählt zur selben Gruppe.)

Benutzt man den Heizraum als Kessel, comprimirt die Brennluft in das Brennmaterial, so erscheinen schon die Verbrennungsgase unmittelbar tauglich zur Arbeitsleistung. Es wird also in diesem Falle eine Vertheilung der Wärme auf zwei Massen entfallen, somit schon aus ganz allgemeinen Gesichtspunkten betrachtet, dieses Motorensystem (Feuerluft-Maschinen) neben der früheren Gruppe unbedingte Vorthelle betreffs der Wärme-Verwendung aufweisen. Oberschlächtige Räder, Ponceles-Rad, Turbinen, Feuerluft-Maschinen, zählen in die zweite Gruppe der Motoren.

Die Wärmemotoren befinden sich aber neben den hydraulischen Motoren betreffs der Arbeitsverwendung im entschiedenen Nachtheile. Die an die Räder übertragene Arbeit kann sofort verwendet werden; die an den Vermittler übertragene Wärme hat vorerst den Vermittler noch in jenen Zustand umzusetzen, in welchem derselbe erst zur Arbeitsleistung tauglich wird. Der grösste Theil der in dem Vermittler angehäuften Wärme, geht nach der Arbeitsleistung mit der Entfernung des Vermittlers verloren.

Das Gewicht des Wassers erleidet in der Atmosphäre nur einen verhältnissmässig verschwindenden Verlust, hingegen wird bei der Arbeitsleistung der Wärmemotoren, welche nur durch Expansion des Vermittlers erfolgt, der Gegendruck des Condensators, zu welchem auch die äussere Atmosphäre zu zählen ist, eine bedeutende Beeinflussung auf die günstige Verwendung der Wärme oder Arbeit ausüben, somit einen schädlichen Umstand schaffen, welcher im Wesen der Wärmemotoren begründet ist.

Bezeichnet man mit W_0 die in Wärme-Einheiten repräsentirte Menge der zur Verfügung stehenden Arbeit oder erzeugten Wärme. Ferner W_0' die in den Kessel übergeführte Wärme. W_0'' bezeichne jenen Wärmebetrag, welcher der aus dem theoretischen Kreisprocess sich ergebenden Arbeit entspricht. W_0''' jene Wärmemenge, welche die Arbeit repräsentirt, welche von der ideell vollkommen ausgeführten Maschine zu erwarten ist. W_0^{iv} die Wärmemenge, welche jener Arbeitsmenge entspricht, welche

aus dem Arbeits-Diagramm gefunden werden kann. Endlich W_0^v die von der Maschine wirklich geleistete und durch Bremsversuche constatirbare in Wärme-Einheiten ausgedrückte Arbeitsmenge.

Ist also W_0 die verfügbare Wärme, so wird $W_0' = \beta, W_0$ sein, in welcher Gleichung β , den procentuellen Betrag bezeichnet, welcher thatsächlich in den Kessel übergeführt wurde. Weiter ist

$$W_0'' = \beta,, W_0'$$

Hier bezeichnet $\beta,,$ den procentuellen Betrag, welcher von der in den Kessel übergeführten Wärme also W_0' durch den theoretisch vollständig durchgeführten Kreisprocess zu äusserer Arbeit verwendet wurde. Es ist ferner

$$W_0''' = \beta,,, W_0''$$

in welcher Gleichung $\beta,,,$ den procentuellen Betrag bezeichnet, welcher durch die ideal vollkommen ausgeführte Maschine zu äusserer Arbeit verwendet wurde. Es ist ferner

$$W_0^{iv} = \beta_{iv} W_0'''$$

wobei β_{iv} angibt, welcher Theil der Wärmemenge W_0''' in Folge der Undichtheit und Verluste durch Wärmeleitung zu äusserer Arbeitsleistung verbliebe. Endlich ist

$$W_0^v = \beta_v W_0^{iv}$$

Wonach β_v erkennen lässt, welcher Theil der Wärmemenge W_0^{iv} nach Abschlag der durch Reibung und unrichtiger Montirung zu nutzbringender äusserer Arbeit verwendet worden.

Nach dieser Erörterung steht man einer ganzen Reihe von Grössen gegenüber, wie $\beta, \beta,, \beta,,, \beta_{iv} \beta_v$. Einer jeden dieser Grössen kommt eine ganz bestimmte Bedeutung zu und jede Verwendung einer solchen Grösse für einen andern Zweck kann somit nur fehlerhafte Consequenzen nach sich ziehen.

An die Theorie tritt die Aufgabe heran, eine Basis zu schaffen, nach welcher der Wirkungsgrad eines Motors zu bestimmen ist. Soll diese Aufgabe erfüllt werden, so muss es möglich sein, zu erkennen, welche der zur Verfügung stehenden Motore oder Motoren-Systeme wirkungsvoller sind. Klar wird es, dass der zu bestimmende Wirkungsgrad nur über die Wirkung eines Motors Aufschluss geben könne, die Wirkung eines Motors besteht aber nur darin, in der mehr oder minder günstigen Verwendung der demselben zur Verfügung stehenden Arbeit oder Wärme.

Es kann somit der Wirkungsgrad nur über den Umfang Aufschluss geben, in welchem die verfügbare Wärme oder Arbeit zu nutzbringender Arbeit verwendet worden.

Die Grösse $\beta, = \frac{W_0'}{W_0}$ kann somit als Werth für den Wirkungsgrad nicht genommen werden. Indem W_0' die Wärmemenge bezeichnet, welche in den Vermittler oder Kessel übergeführt worden, so lässt sich aus der Grösse β , nur die Güte der Kessel-Anordnung erkennen.

Die Grösse $\beta,, = \frac{W_0''}{W_0'}$ setzt in die Lage zu erkennen, in welchem Umfange der gewählte theoretische Kreisprocess jene Wärmemenge zu Arbeit verwenden lässt, welche thatsächlich an den Vermittler übergeführt wurde. Der Werth

von $\beta_{,,}$ wird also nur constatiren lassen, ob die gewählte Grundlage für den Motor eine richtige sei.

Die Grösse $\beta_{,,,} = \frac{W_0^{''''}}{W_0^{''}}$ gestattet einen Einblick, wie weit der zugrunde gelegte theoretische Kreisprocess in Wirklichkeit zur Durchführung gelangt. Als Wirkungsgrad kann somit dieselbe nicht genommen werden

$$\beta_{IV} = \frac{W_0^{IV}}{W_0^{''''}}$$

gibt eben nur Anhaltspunkte zur Beurtheilung des Dichtigkeitsgrades der Maschine. Je kleiner β_{IV} ist, um so grösser sind die durch Undichtheit sich ergebenden Verluste.

Endlich ist $\beta_V = \frac{W_0^V}{W_0^{IV}}$ die Grösse, welche die Verluste, entspringend aus Reibung und fehlerhaftes Montiren, zu erkennen gestattet.

Diese Darlegung macht ersichtlich, dass jede der Grössen von β , bis β_V einen genau umschriebenen Zweck erfüllt, welcher Zweck sich nicht aus einer individuellen Anschauung fixirt, sondern aus theoretischen Gesichtspunkten sich feststellt.

Schritt für Schritt ist man an der Hand dieser Grössen in der Lage, die Anordnung eines Motors in allen seinen Theilen zu erkennen und vielleicht Abnormitäten in einzelnen Theilen festzustellen. Es kann die eigentliche Maschine, welche die Arbeitsleistung vollführt, die vorzüglichste sein und dennoch die gesammte Anordnung mit Rücksicht eines unrichtig angeordneten Kessels schlecht sein oder umgekehrt.

Das was den Industriellen in erster Linie interessirt, wird sich offenbar nur in dem culminiren, „welcher Theil der in dem Heizraume verwendeten Wärme wirklich zu äusserer Arbeit verwendet worden“. Er umfasst mit Einem die beiden Grenzwerte in der oben angegebenen Kette der Grössen. Das Streben bei dem Baue eines jeden Motors ist ja doch dahin gerichtet, dass die zur Verfügung stehende Arbeit möglichst unverkürzt zur Verwendung gelange. Die Grösse W_0^V ist es daher, welche den möglichst grössten Werth präsentiren soll.

$$\begin{aligned} \text{Nun ist } W_0^V &= \beta_V W_0^{IV} \text{ und nachdem} \\ W_0^{IV} &= \beta_{IV} W_0^{''''} \\ W_0^{''''} &= \beta_{,,,} W_0^{''} \\ W_0^{''} &= \beta_{,,} W_0' \\ W_0' &= \beta W_0 \text{ ist,} \end{aligned}$$

so erhält man durch Multiplication dieser Gleichungen, indem auf beiden Seiten die gleichen Werthe entfallen

$$W_0^V = \beta, \beta_{,,}, \beta_{,,,}, \beta_{IV} \beta_V W_0.$$

Die Möglichkeit der Beantwortung der Frage, auf welche Weise und wie der Werth für den Wirkungsgrad gefunden werden kann, ist nun an einem Punkte angelangt, welche jede aus persönlicher Anschauung entspringende Auffassung ausschliesst.

Kein Motor, möge derselbe welchem Systeme immer angehören, erzeugt oder entwickelt Arbeit. Jeder Motor dient nur als Vermittler der Arbeit, welche demselben in verschiedenen Formen zugeführt oder anvertraut wird. Und ein Motor wird sich umso mehr der ideal vollkommensten

Anordnung nähern, je vollständiger derselbe jene Arbeit wieder zurückgibt, welche demselben anvertraut wurde.

Indem im Sinne der letzten Gleichung die dem Motor zugeführte Arbeit oder Wärme W_0 , die von demselben abgegebene W_0^V ist, so erhält man über den Umfang der abgegebenen Arbeit nur durch das Product der Grössen $\beta, \beta_{,,}, \beta_{,,,}, \beta_{IV} \beta_V$ Aufschluss.

Der Wirkungsgrad findet somit seinen Ausdruck durch die Werthe β, β_V . Bezeichnet man den Wirkungsgrad mit γ so wird

$$\gamma = \beta, \beta_{,,}, \beta_{,,,}, \beta_{IV} \beta_V.$$

Es ergibt sich somit der Werth des Wirkungsgrades

$$\gamma = \frac{W_0^V}{W_0}$$

d. h. „wird einem Motor die Arbeits- oder Wärmemenge W_0 zugeführt, so erhält man den Wirkungsgrad, wenn man die von dem Motor abgegebene Arbeit mit der demselben zur Verfügung gestellten dividirt.“

Der so gefundene Werth für den Wirkungsgrad bildet eine gemeinschaftliche Basis, auf Grund welcher ein praktisch sicheres Urtheil und auch Wahl zwischen den verschiedenen Motoren-Systemen zu treffen ist.

Jeder Motor beansprucht Herstellungs- und Betriebskosten. Die Herstellungskosten figuriren als eine einmalige Ausgabe und treten in dem Maasse neben den Betriebskosten zurück, als die Leistung der Maschine zunimmt.

Dem Industriellen wird somit nur das interessiren, welches Motoren-System von der demselben anvertrauten Arbeit den grössten Theil zurückgibt. Auf diese seine Frage gibt nur der auf obige Weise bestimmte Wirkungsgrad Aufschluss.

Mit dem Bisherigen könnte die Erörterung geschlossen werden. Es ist aber nicht zu umgehen, auf jene Bestrebungen hinzuweisen, welche speciell von Dr. Zeuner ausgegangen sind, um eine Aenderung in der Bestimmungsweise des Wirkungsgrades herbeizuführen. Als durch Dr. Mayer die bestimmtere Beziehung zwischen Wärme und Arbeit festgestellt wurde, war es zuerst Redtenbacher, welcher auf Grund dieses Fundamentalsatzes, wonach eine Wärme-Einheit, in Arbeit umgesetzt, 424 Meter-Kilogramm leistet, auf die colossale WärmeverSchwendung bei den Dampfmaschinen hinwies. Indem die besten dieser Maschinen per Stunde und Pferdekraft 2—1¹/₂ Kohle benöthigen (Compound-Maschine den letzten Betrag) so ergibt sich als Werth des Wirkungsgrades, indem per Kilogramm 6000 Wärme-Einheiten zu rechnen sind, 5 respective 10%, somit gehen bei den besten Dampfmaschinen 95—90% der der Maschine zugeführten Arbeit verloren.

Dr. Zeuner stellt dagegen für die Beurtheilung der Motoren das leitende Princip auf, dass man von einem Motorensysteme nur das an Arbeit erwarten kann, welchen Betrag dieselben überhaupt mit Rücksicht ihrer theoretischen Anordnung zu leisten im Stande sind.

Diese Auffassung kann auf keinen Fall als richtig bezeichnet werden.

Bezüglich der Dampfmaschine erklärt Dr. Zeuner, dass man nicht die in dem Heizraume verfügbare Arbeit der Wärme zum Ausgangspunkte nehmen müsse, sondern die

disponible Arbeit d. h. diejenige Arbeitsmenge, welche der theoretisch und ideell vollkommene Motor innerhalb des Temperatur-Intervalles $T_k - T_e$ zu leisten im Stande wäre. Setzt man den Vermittler, in diesem Falle Wasser, einem vollständig durchgeführten Kreisprocess aus, bezeichnet mit W die von demselben aufgenommene Wärme, und nachdem Wärme-Aufnahme und Abgabe bei den constanten Temperaturen im Kessel T_k in dem Condensator T_e vor sich gehen, so wird die Menge der disponiblen Arbeit diesem Temperatur-Intervalle entsprechend

$$L_a = \frac{W}{A} \frac{T_k - T_e}{T_k}$$

Mit dieser Arbeitsmenge müsse die von der Maschine wirklich abgegebene verglichen werden.

Die Grösse W bildet nur einen Theil jener im Heizraume entwickelten Wärme. Immer auch das Ziel vor Augen haltend, dass die Theorie berufen ist, die Führerrolle zu übernehmen, welche den Industriellen jene Mittel an die Hand geben soll, eine richtige Wahl zu treffen, so muss, sobald man nach dem jetzigen Standpunkt die verschiedenen Formen der Arbeit kennt, der Kessel als integrierender Theil der Maschine angesehen werden. Dem Industriellen wird es gewiss keinen Trost gewähren, wenn ihm auf Grund der zuletzt angegebenen Bestimmungsweise als Wirkungsgrad der Maschine, nachdem selbe nahezu die Arbeit L_a leistet, 60—70% hervorgehoben wird, während der schlecht gebaute Kessel riesigen Brennstoff-Aufwand verursacht, von welcher Wärmemenge W nur einen verhältnissmässig kleinen Theil ausmacht.

Theoretisch sucht Dr. Zeuner seine Bestimmungsweise auf folgende Art zu begründen.

Befindet sich ein Wasserrad in der Höhe H über dem Meeresspiegel, respective sei dies die Höhe des Oberwasserspiegels; H , die Höhe des Unterwasserspiegels; Q die Menge des per Secunde fallenden Wassers, so ist in der Höhe H , die disponible Arbeit

$$L = Q (H - H_1)$$

könnte das Gewicht Q bis zu dem Meeresspiegel herabfallen, so wäre die Arbeit

$$W_{..} = Q H \text{ somit ist } Q = \frac{W_{..}}{H}$$

$$\text{daher wird } L = W_{..} \frac{H - H_1}{H};$$

die disponible Arbeit bei den Dampfmaschinen ist

$$L_a = W \frac{T_k - T_e}{T_k}$$

Es folgert nun Dr. Zeuner: nimmt man bei den Wasserrädern die Arbeit L wie es thatsächlich geschieht zur Bestimmung des Wirkungsgrades, so müsste bei den Dampfmaschinen, nachdem eine analoge Formel vorliegt, auch hier der Werth für L_a genommen werden.

Um dieses Thema nicht zu weit auszuführen, sei nur kurz erwähnt, dass Dr. Zeuner noch eine zweite Gruppe von Formeln aufstellt, welche eine Analogie aufweisen. Diese Analogie erstreckt sich aber nur auf den Werth der Verhältnisse $\frac{H - H_1}{H}$ und $\frac{T_k - T_e}{T_k}$; nicht analog sind die Werthe $W_{..}$ und W , denn $W_{..}$ stellt nur eine ideelle

Arbeit vor, welche wir in der Höhe H , dem Rade nicht zur Verfügung stellen können, über diese Arbeit könnten wir nur verfügen im Niveau des Meeresspiegels; während W eine Wärme oder Arbeit repräsentirt, welche dem Vermittler thatsächlich zugeführt wurde.

Abgesehen nun davon, dass W nur einen Theil der im Heizraume verfügbaren Wärme bildet, so erklärt Dr. Zeuner, dass in der Bestimmungsweise der Wirkungsgrade eine Ungleichheit vorhanden sei, und dass für die hydraulischen Motoren darum so günstige Resultate erzielt werden, weil bei diesen der aus Formel $L = W_{..} \frac{H - H_1}{W}$

gefundene Arbeitsbetrag, also die disponible Arbeit, als Basis des Vergleiches genommen werde. Dagegen reisse man bei den Dampfmaschinen, aus der Formel für L_a die Grösse W heraus und vergleiche mit dieser allein den Werth der äussern Arbeit. Würde man auch bei den Wasser-Motoren denselben Vorgang befolgen somit die Wirkungsgrad-Bestimmung mit Hilfe der alleinigen Grösse $W_{..}$ vornehmen, so würden minimale Werthe entstehen.

Diese Argumentation verliert ihre Basis in Folge der schon oben angedeuteten Disanalogie der Grössen $W_{..}$ und W . Handelt es sich um analoge Formeln, bezeichnet man mit Q die Menge der verbrannten Luft im Heizraume und sei auch hier T_k die höchste darin erzielte Temperatur, so ist die Menge der erzielten Wärme vom absoluten Nullpunkt gerechnet $W_{..} = Q e_0 T_k$

Die Umsetzung von Wärme in Arbeit, kann aber nur durch Expansion erfolgen. Die möglichst äusserste Grenze, welche in der Temperatur-Erniedrigung erreicht werden kann, ist T_1 , die absolute Temperatur der äussern Atmosphäre ist 273°. Verschwindet durch Expansion eine Wärmemenge innerhalb des Temperatur-Intervalles $T_k - T_1$ so ist, nachdem das Gewicht der Brennluft Q ist, die Menge der Arbeit

$$L' = \frac{Q e_0}{A} (T_k - T_1).$$

Bestimmt man für $Q e_0$ den Werth, so wird auch

$$L' = \frac{W_{..}}{A} \frac{(T_k - T_1)}{T_k}$$

Vergleicht man diese Formel mit der für die hydraulischen Motoren geltenden, so ist $W_{..}$ analog mit $W_{..}$.

$W_{..}$ bezeichnet eine ideelle Arbeitsmenge, welche wir in der Höhe H' nicht besitzen, verfügen könnte man nur darüber in der Tiefe des Meeresspiegels. Ebenso ist $W_{..}$ eine ideelle Wärmemenge, welche wir in der Temperaturhöhe T_1 nicht besitzen, wir könnten darüber nur verfügen, wenn man bis zu dem absoluten Nullpunkte also — 273° herabstiege.

Setzt man nun, nachdem beide Formeln nicht nur der Form, sondern auch dem Wesen nach, analog sind, sowohl für $W_{..}$ als auch $W_{..}$ die Werthe, so wird für die hydraulischen Motoren $L = Q (H - H_1)$, und für die Wärme-

Motoren $L' = \frac{Q e_0}{A} (T_k - T_1)$, d. h. L bezeichnet die gesamte Arbeit innerhalb der Höhe $H - H_1$, L' die der gesamten im Heizraume entwickelten Wärme entsprechende Arbeit.

Es wird somit auch auf diesem Wege die einzig richtige Art der Bestimmung des Wirkungsgrades ersichtlich.

Aufschneidbarer Distanz-Blockir-Wechsel

in der Station Holzleithen der Salzkammergutbahn.

Mitgetheilt von **Oskar Walzel**, Beamter der Kronprinz Rudolf-Bahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 11.)

In obgenannter Station der Salzkammergutbahn, von wo aus die Flügelbahn nach Thomasroith abzweigt, steht seit 16. November v. J. ein von S. Rothmüller in Wien hergestellter Distanz-Blockir-Wechsel in Anwendung.

Während die Trace nördlich von Holzleithen bis zu dem, auf der Wasserscheide gelegenen Hausruck-Tunnel emporsteigt, beginnt auf der südlichen Seite — unmittelbar ausserhalb des Einfahrtswechsels — ein Gefälle von 1:70 ($14 \cdot 280/_{00}$).

Zur Erleichterung und Sicherung der gegen dieses Gefälle zu fast continuirlich stattfindenden Verschiebungen, hauptsächlich aber um das Entlaufen von Fahrbetriebsmitteln in dieser Richtung zu verhindern, zweigt vom Hauptgeleise ein mit letzterem parallel laufendes, aber mit $20/_{00}$ ansteigendes Sicherheitsgeleise *A* (Fig. 1) ab, auf welchem die Verschiebungen vorgenommen werden.

Die Verbindung zwischen diesem und dem Hauptgeleise bewirkt ein Distanz-Blockir-Wechsel *W*, dessen Stellung unter normalen Verhältnissen nur durch den in unmittelbarer Nähe des Stationsgebäudes befindlichen Stellhebel *H* erfolgen kann.

Die Blockir-Vorrichtung besteht hauptsächlich aus drei Theilen, nämlich aus dem Stellhebel, der Stahldrahtleitung und dem eigentlichen Blockir-Apparate.

Der Stellhebel *H* ist in Art eines Locomotiv-Reversirhebels construirt und wirkt mittelst eines Hebelsystems auf die in Ketten endigende Stahldrahtleitung. Fig. 5 zeigt den Längenschnitt durch den gemauerten Schacht, in welchem der Stellhebel auf einer Quaderunterlage fundirt ist.

Die doppelte 4^{mm} starke, 242^m lange Stahldrahtleitung ist in einem Holzcanale auf Rollen unterirdisch geführt und verbindet den Stellhebel mit dem Blockir-Apparate. In Fig. 6 ist das Detail dieses Holzcanales dargestellt, der 0.6^m bis 0.8^m unter der Schienenunterkante liegt und in Entfernungen von 10 zu 10^m durch Schwellenstücke unterstützt wird. Fig. 2 zeigt das Längenprofil desselben.

An zwei Stellen unterbrach man den Leitungscanal durch, mit Entwässerungsschlitzten versehene, mit Bohlen verschaltete Einsteigöffnungen *E* (Fig. 1 und 2), deren Längenschnitt aus Fig. 7 ersichtlich wird.

Der Blockir-Apparat selbst ist auf einem Schwellenroste solid gelagert (Fig. 3 und 4) und besteht aus einem Excenter *e*, auf dessen Axe ein Kettenrad *r* aufgekeilt ist; um letzteres schlingt sich die auch hier in eine Kette endigende Stahldrahtleitung.

Durch die Drehung des Excenters wirkt die coulissenartige Gleitstange *g* auf die Mitte *o*₂ eines horizontal liegenden Hebels *o*₁*o*₃, dessen Enden mit der zu den Weichen führenden Schubstange *s*, respective mit der von einem Gegengewichte *q* beeinflussten Coulissee *c* verbunden sind.

Beim Umstellen des Wechsels durch den Stellhebel wird das Excenter gedreht, die Gleitstange bewegt den Hebel um den durch das Gegengewicht fixirten Punkt *o*₃ und verschiebt mittelst der in *o*₁ angreifenden Schubstange die Wechselsungen.

Gleichzeitig stellt sich auch die mit einem gewöhnlichen Weichenbocke verbundene abnormale Signalscheibe des Blockirwechsels, welche sich von den übrigen Wechselscheiben durch eine grössere (beiderseits rothe) Kreisfläche, eine intensivere Beleuchtung und höhere Lage unterscheidet.

Sollte der Wechsel für einen in die Station einfahrenden Zug unrichtig gestellt sein und von demselben aufgeschnitten werden, so dreht sich der Horizontalhebel um den nun durch das Excenter fixirten Punkt *o*₂, verschiebt im Punkte *o*₃ die Coulissee und hebt das Gegengewicht *q*, das nach dem Freiwerden des Wechsels wieder herabfällt und denselben in die durch das Excenter bedingte Stellung zurückführt.

Die Normalstellung des blockirten Wechsels ist die in das Sicherheitsgeleise (Weiche), wobei die Wechselscheibe gegen die Station und Strecke eine rothe Kreisfläche (rothes Licht) zeigt; der Stellhebel ist dann nach vorne gelegt; das Stationsdeckungssignal hat auf „Halt“ zu stehen.

Die abnormale Stellung des blockirten Wechsels ist die auf das currente Geleise (Gerade); die Wechselscheibe steht dann parallel zum Geleise und zeigt gegen die Station grünes, gegen die Strecke weisses Licht.

Diese Stellung des Blockirwechsels erfolgt 5 Minuten vor Ein- oder Ausfahrt eines Zuges in der Richtung von resp. nach Steinach; dann erst darf das Stationsdeckungssignal auf „Frei“ gestellt werden.

Für den Fall, als der Apparat untauglich werden sollte, wird das Gegengewicht *q* abgenommen und der Wechsel, welcher eine, unter normalen Verhältnissen ausgeschaltete Wechselbirne besitzt, auf gewöhnliche Weise durch den Wächter gestellt.

Um den Blockir-Apparat und den Stellhebel vor Witterungseinflüssen zu schützen, ist ersterer durch zwei hölzerne Kisten, letzterer durch eine verschliessbare Hütte überdeckt.

Die Vorrichtung fungirte bis nun vollkommen tadellos.

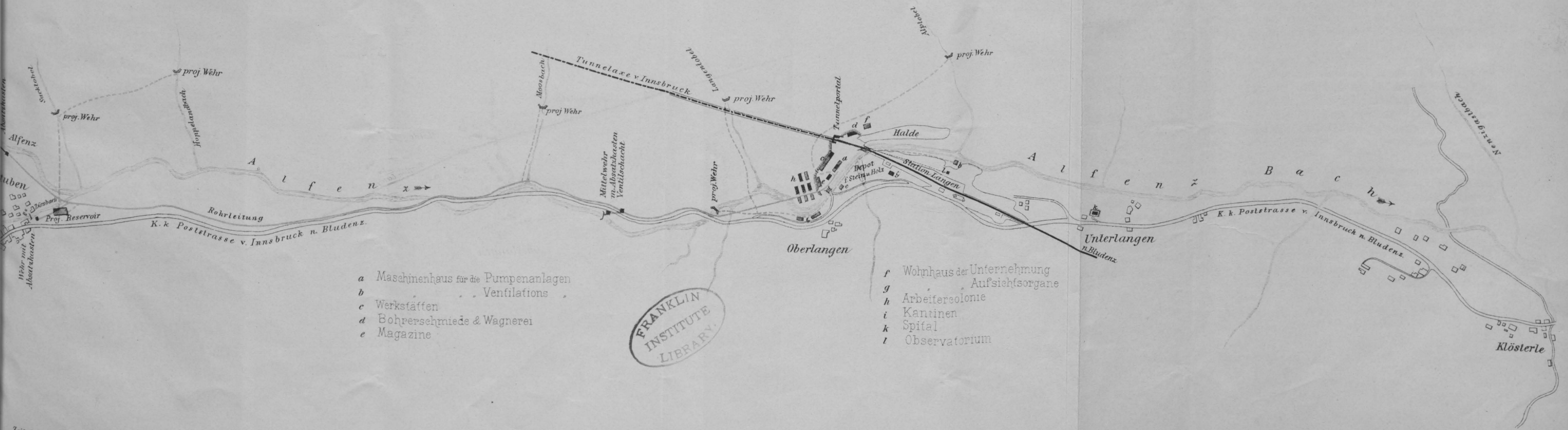
SITUATION DER INSTALLATIONSANLAGE AN DER OSTSEITE DES ARLBERG-TUNNELS



- a Maschinenhaus für die Compressoranlage
- b Ventilations
- c Werkstätten
- d Bohrerschmiede & Wagnerei
- e Magazine
- f Ankleide- & Waschlocale
- g Wohnhaus der Unternehmung
- h Aufsichtsorgane
- i Arbeitercolonie
- k Spital
- l Observatorium

- Fertige Gerinne
 - - - Project Gerinne
 - Fertige Rohrleitungen
 - - - Project Rohrleitungen
 - Fertige Gebäude
 - Project Gebäude
 - Privatgebäude
- zur Installation gehörig

SITUATION DER INSTALLATIONSANLAGE AN DER WESTSEITE DES ARLBERG-TUNNELS

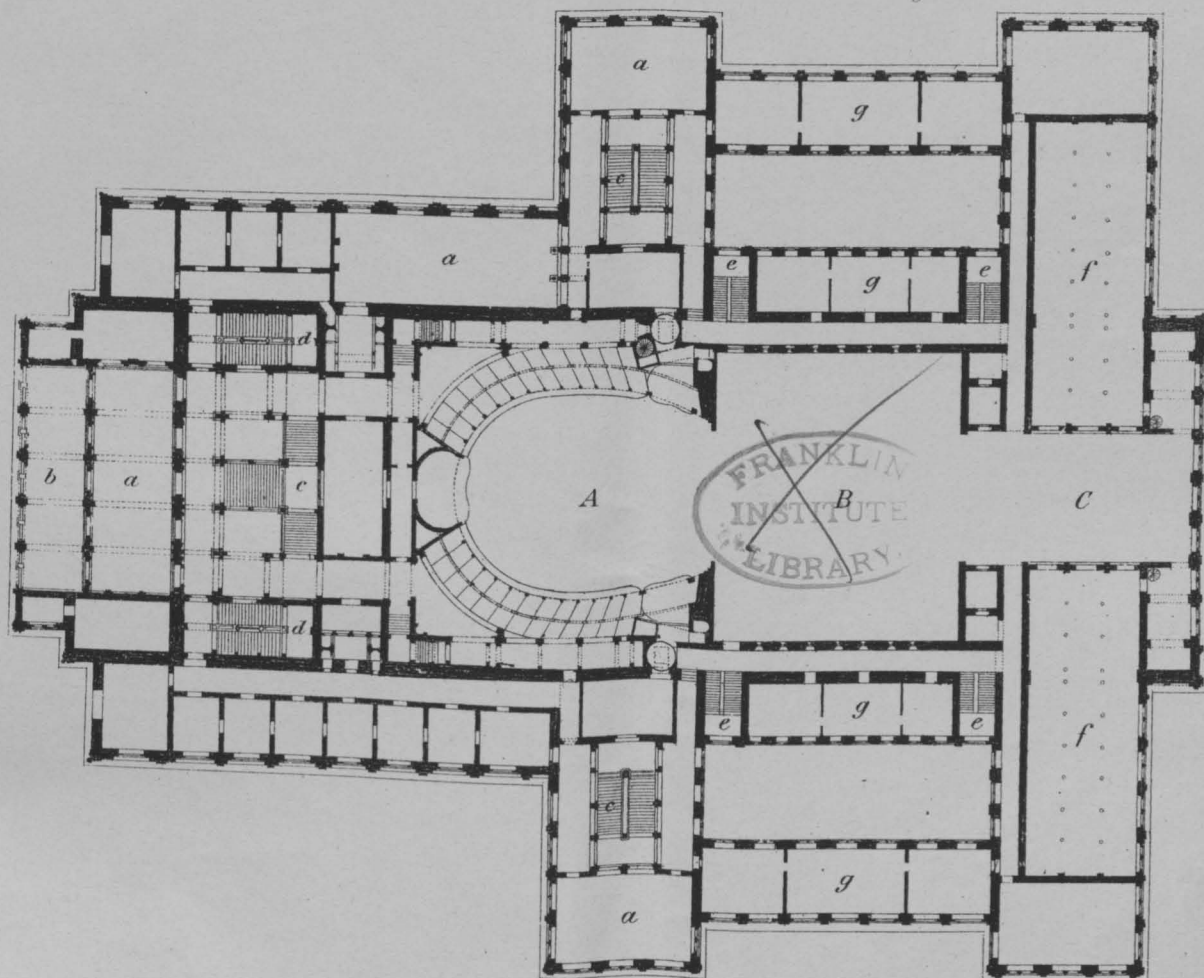


- a Maschinenhaus für die Pumpenanlagen
- b Ventilations
- c Werkstätten
- d Bohrerschmiede & Wagnerei
- e Magazine

- f Wohnhaus der Unternehmung
- g Aufsichtsorgane
- h Arbeitercolonie
- i Kantinen
- k Spital
- l Observatorium

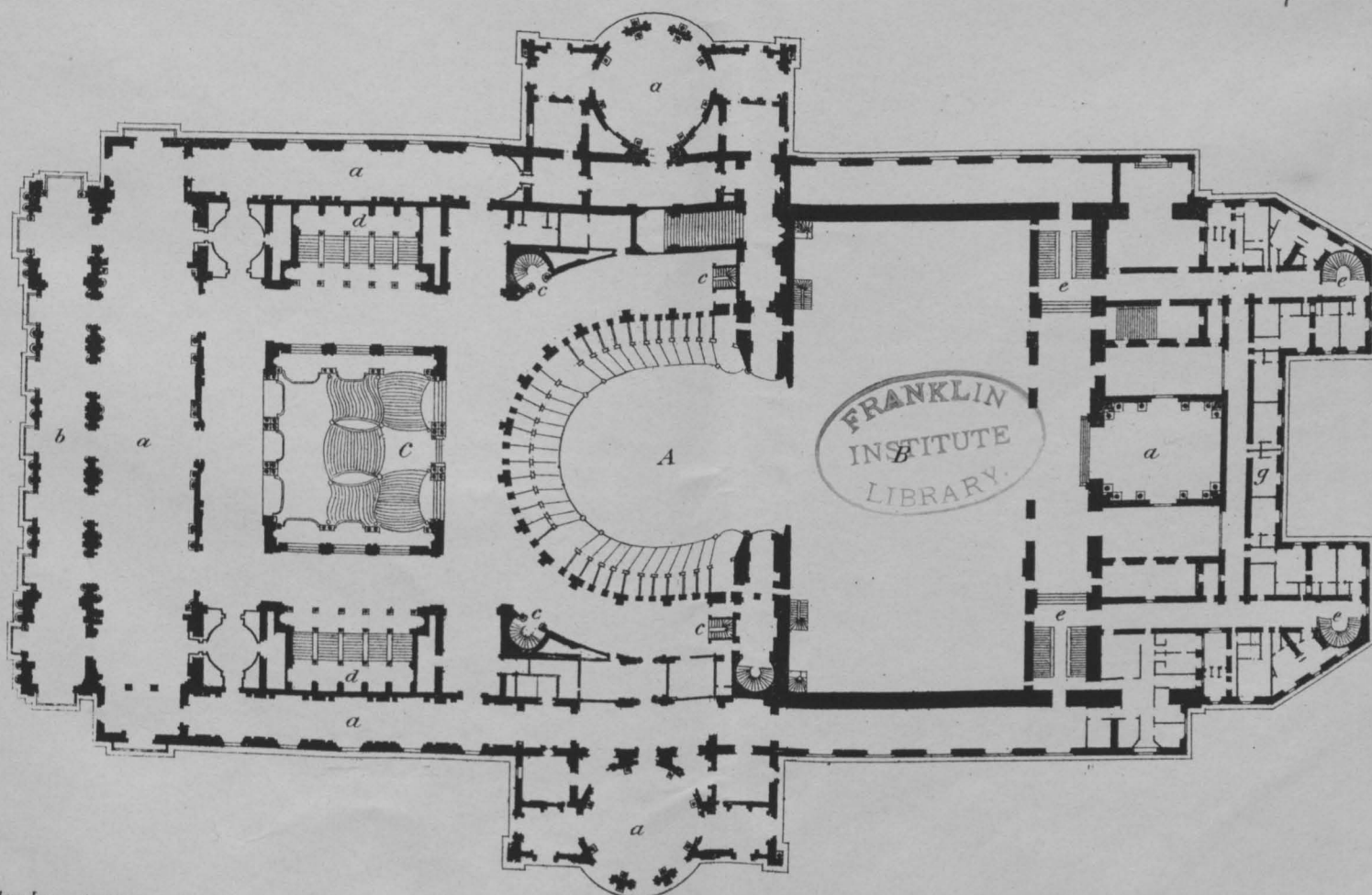
K K HOF-OPERNHAUS IN WIEN

Architekten van der Nüll u. Sicardsburg



GROSSE OPER IN PARIS

Architekt Garnier.

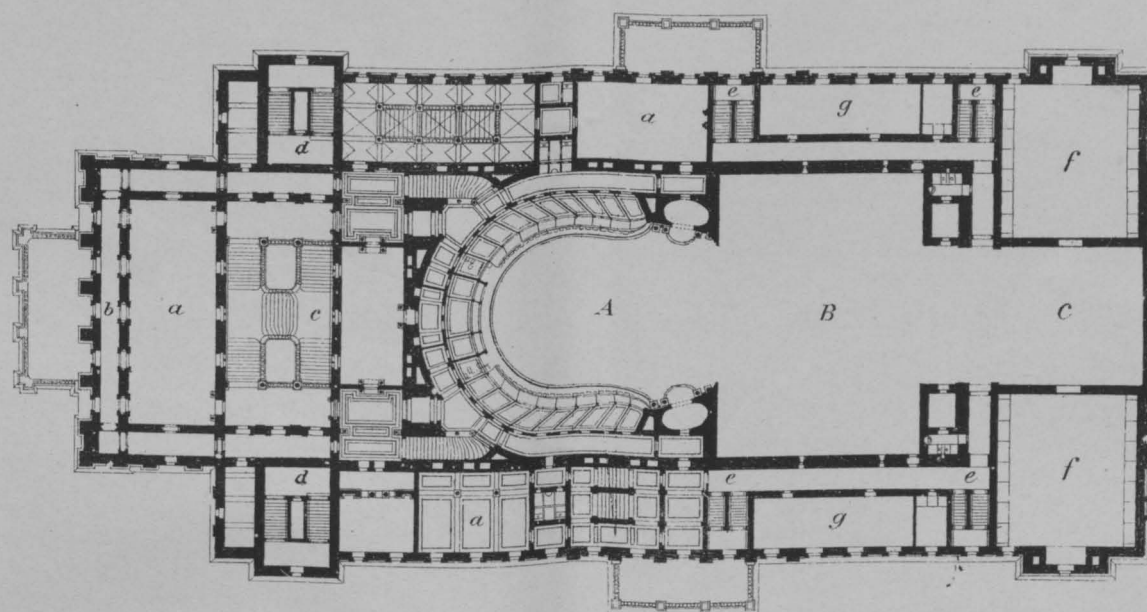


10 5 0 10 20 30 40 met

Lith. u. Druck v. R. Spies & Co. art. Anst. Wien.

NEUES OPERNHAUS IN BUDAPEST

Architekt: Nicolaus Ybl.



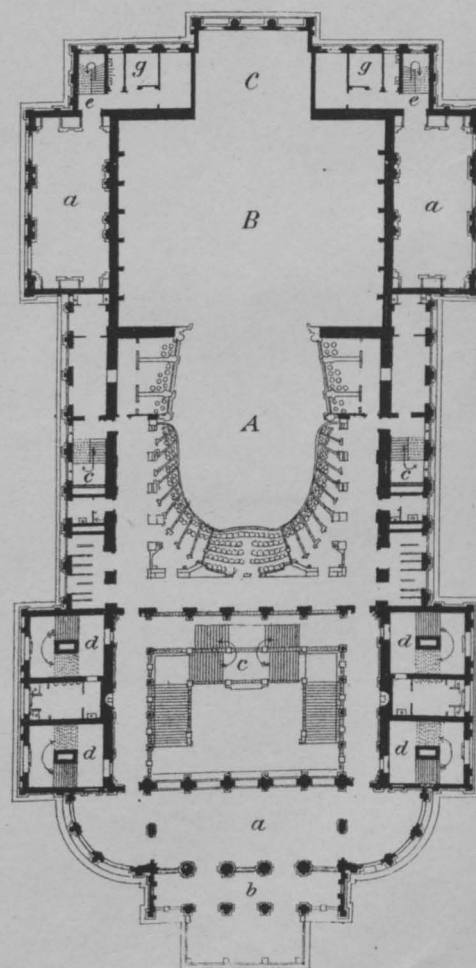
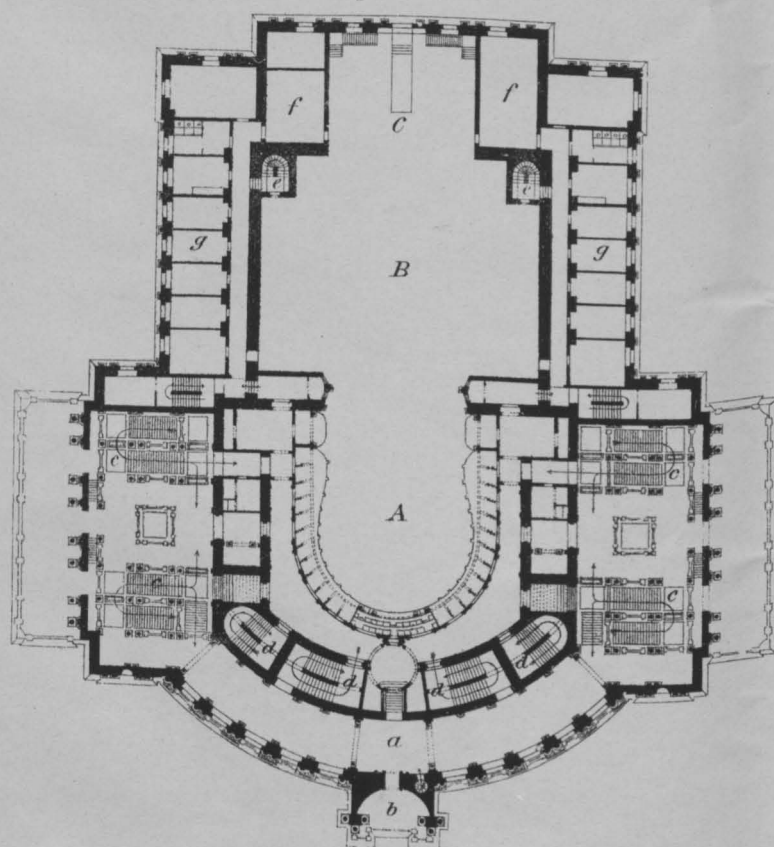
K. HOF'SCHAUSPIELHAUS IN DRESDEN

Architekt: M. Semper

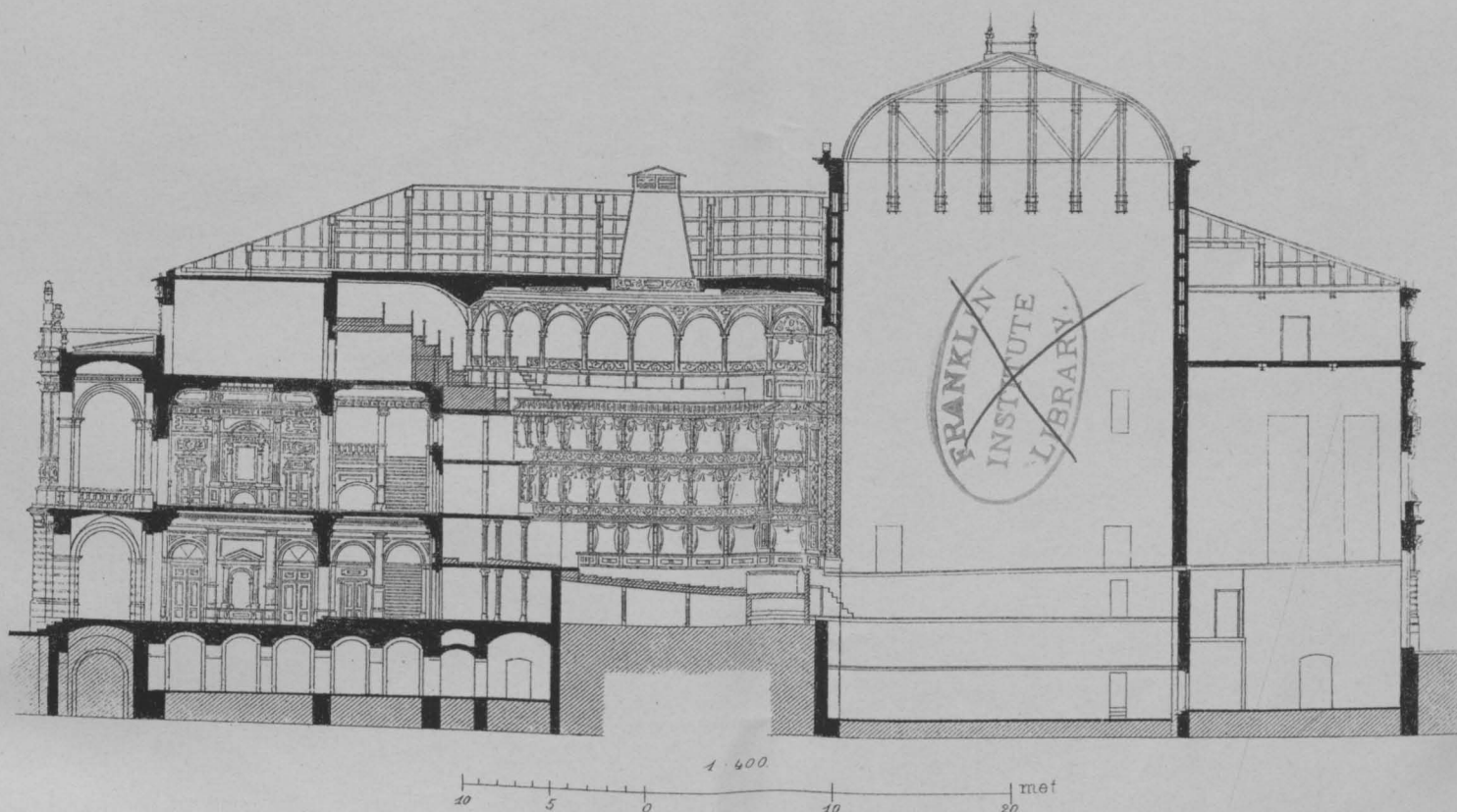


FRANKFURTER OPERNHAUS

Architekt: Lucae

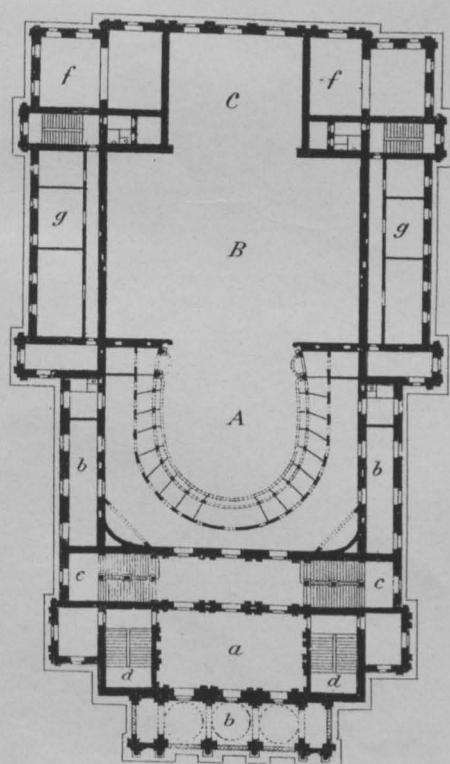


LÄNGENSCHNITT DES AUGSBURGER-STADTTHEATERS



AUGSBURGER-STADTTHEATER

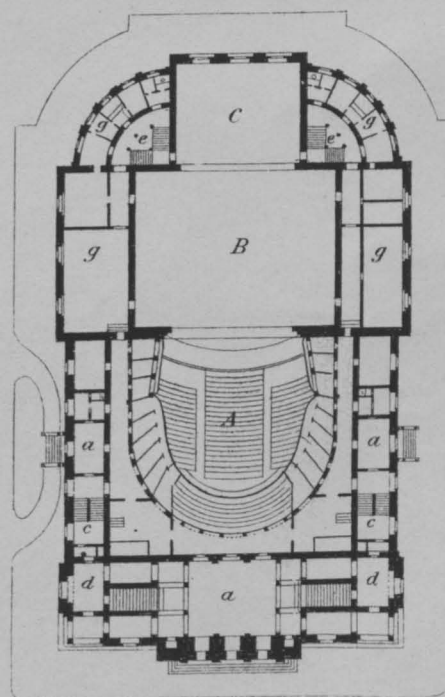
Architekten: Fellner & Helmer



- A Zuschauerraum
- B Bühne
- C Hinterbühne
- a Foyer
- b Loggia
- c Logenstiege
- d Galeriestiege
- e Bühnenstiege
- f Decorationsmagazin
- g Garderoben

PESTER-VOLKSTHEATER

Architekten: Fellner & Helmer



1:750

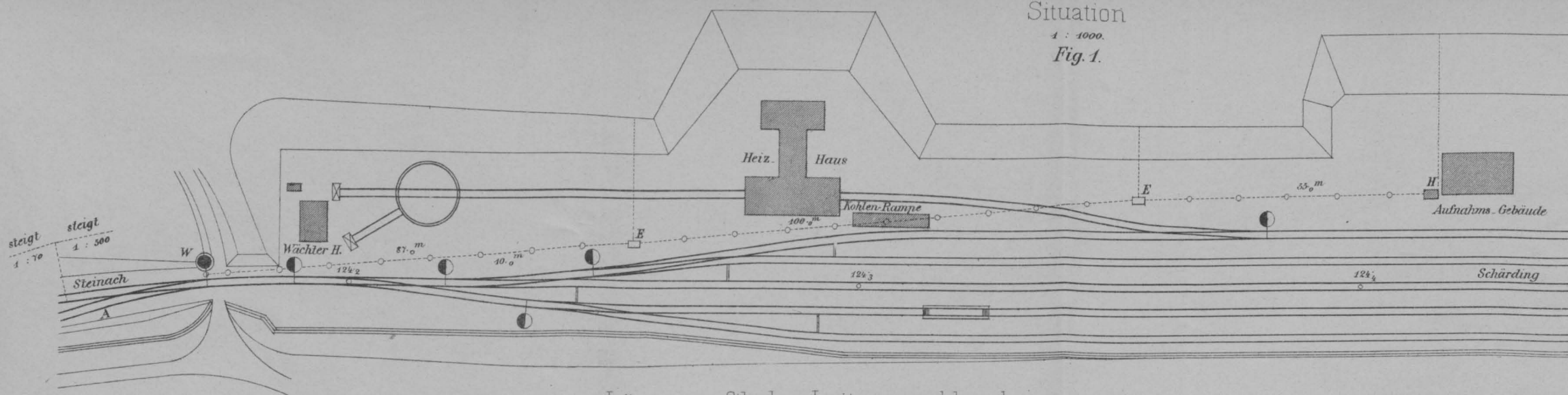
met

AUFSCNEIDBARER DISTANZ-BLOCKIRWECHSEL IN HOLZLEITEN

Situation

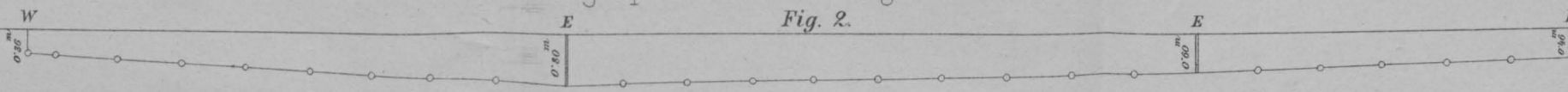
1 : 1000.

Fig. 1.



Längenprofil des Leitungsschlauches.

Fig. 2.

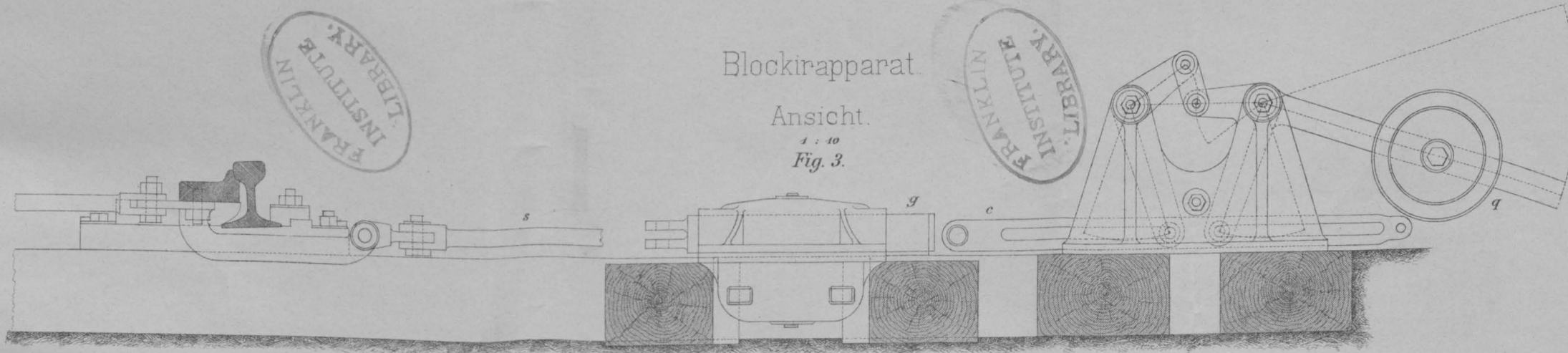


Blockirapparat

Ansicht.

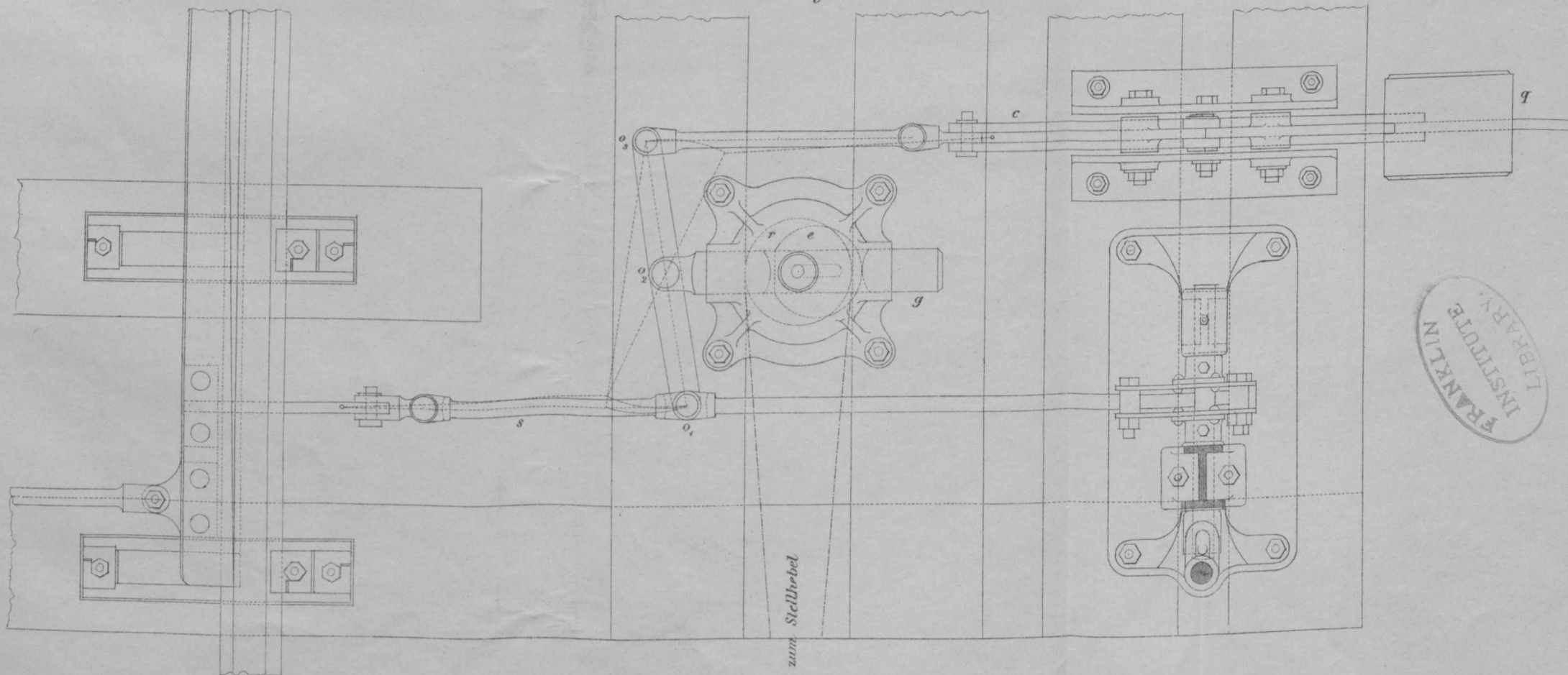
1 : 10

Fig. 3.



Draufsicht

Fig. 4.



Stellhebel

1 : 20.

Fig. 5.

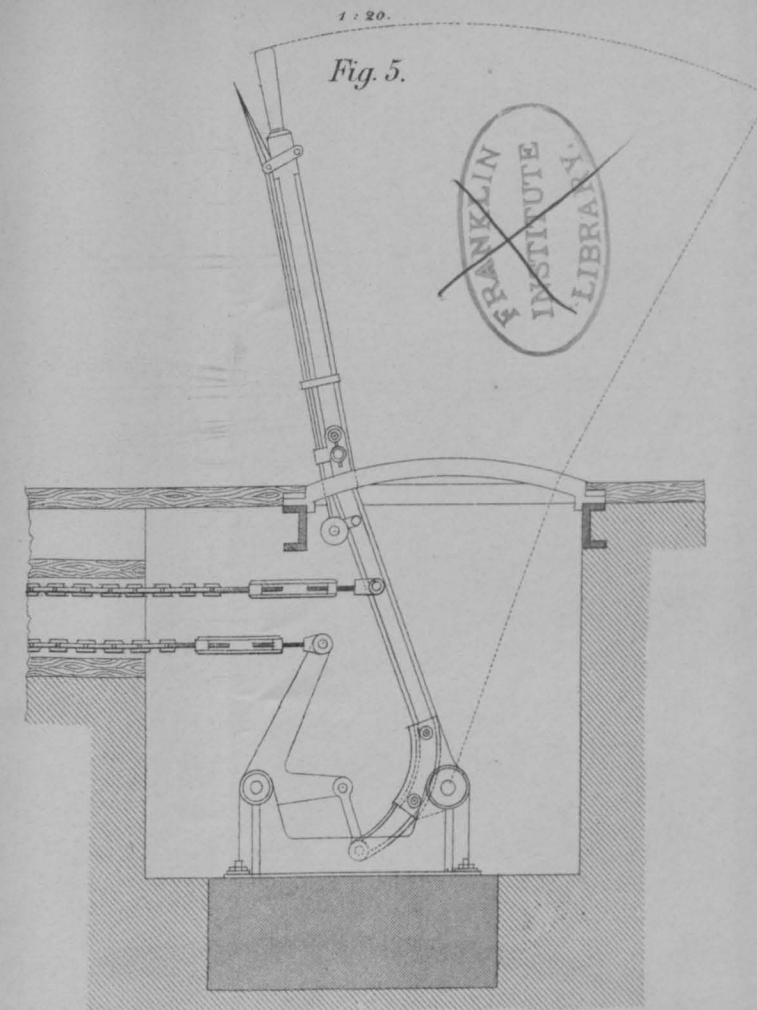
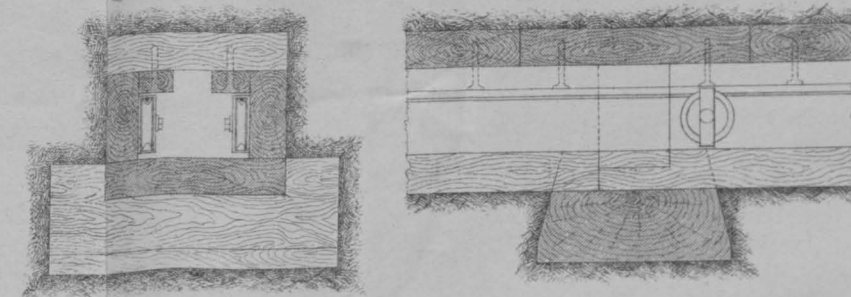


Fig. 6.

Querschnitt

Längenschnitt



des Leitungsschlauches.

1 : 10.

Einlassöffnung

Fig. 7.

